

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Manipulační dopravník v potravinářském procesu
Handling Conveyor in Food Process

Student:

Bc. Martin Střípek

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Robert Brázda, Ph.D.

Ostrava 2018

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martin Strípek**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství**
Specializace: **35 Dopravní stroje a manipulace s materiálem**
Téma: **Manipulační dopravník v potravinářském procesu**
Handling Conveyor in Food Process
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

Navrhněte a konstrukčně zpracujte manipulační dopravník v potravinářském průmyslu.

Parametry zadání:

osová vzdálenost $L = 1200 \text{ mm}$

pracovní šířka $B = 500 \text{ mm}$

pracovní výška $H = 900 \pm 50 \text{ mm}$

dopravovaný materiál - očištěné brambory

Další parametry zvolte dle požadavků z praxe.

Požadované výstupy:

- 1) zpracujte rešerši na manipulaci a dopravu s očištěnými brambory;
- 2) ověřte podmínky pro zajištění hygienických minim při manipulaci s potravinářskými komoditami;
- 3) variantně navrhněte dopravní a manipulační část zařízení pro výše uvedenou komoditu;
- 4) kapacitně a pevnostně ověřte zvolenou variantu dopravníku;
- 5) vytvořte sestavný výkres zvoleného manipulačního dopravníku, včetně výkresů výrobních daných komponent.

Seznam doporučené odborné literatury:

Polák, J., Pavliska, J., Slíva, A.: Dopravní a manipulační zařízení I. Ostrava: ES VŠB-TU Ostrava, 2001. ISBN 80-248-0043-8.

Polák, J., Bailotti, K., Pavliska, J., Hrabovský, L.: Dopravní a manipulační zařízení II. Ostrava: ES VŠB-TU Ostrava, 2003. ISBN 80-248-0493-X.

Polák, J., Slíva, A.: Dopravní a manipulační zařízení III. Ostrava: ES VŠB-TU Ostrava, 2005. ISBN 80-248-0963-X.

Pavliska, J., Hrabovský, L.: Dopravní a manipulační zařízení IV. Ostrava: ES VŠB-TU Ostrava, 2004. ISBN 80-248-0537-5.

ČSN 01 6910 Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory. srpen 1997. 36 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Robert Brázda, Ph.D.**

Konzultant diplomové práce: Bc. Lukáš Hildebrand

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018



doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji že,

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :

.....

Podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Martin Střípek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Hnojice 65

785 01 Šternberk

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

STŘÍPEK, M. *Manipulační dopravník v potravinářském procesu: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2018, 74 s. Vedoucí práce: Brázda, R.

Diplomová práce je zaměřena na návrh manipulačního dopravníku v potravinářském procesu. V první části je popsána rešerše manipulačních dopravníků a ověření minimálních hygienických kritérií pro dopravu v potravinářství. Následující část obsahuje výpočtovou část, kde byl spočítán: dopravní výkon, výkon motoru, zdvihový mechanismus, optimalizace počtu zdvihových mechanismů a výpočet pístu. V poslední části je zobrazen 3D model manipulačního dopravníku. Sestavný výkres manipulačního dopravníku a další výkresy jsou součástí přílohy.

ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

STŘÍPEK, M. *Handling Conveyor in the Food Process: Diploma Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2018, 74 p. Thesis supervisor: Brázda, R.

The diploma thesis is focussed on design of handling conveyor in food proces. The first part describes the handling conveyor and verification of minimum hygiene criteria for food process. The following part includes calculations part: transport performance, engine power, lifting mechanism, optimazation quantity lifting mechanisms and piston calculations. In the last part there is shows a 3D model of the handing conveyor. The assembly drawing of the handing conveyor and other drawing are attached to this thesis.

Obsah

Úvod.....	12
1 Úvod do problematiky	13
1.1 Cíle diplomové práce	13
1.2 Manipulační dopravníky v potravinářství	13
1.3 Minimální hygienická kritéria v dopravě v potravinářském průmyslu	16
1.4 Přehled konstrukcí manipulačních dopravníků jiných firem	17
1.4.1 Ruční ukládání	17
1.4.2 Dopravník s kapsou	18
1.4.3 Dopravník se zdvihovými mechanismy	21
1.4.4 Šikmý plnič beden	25
1.5 Dopravované sáčky	28
1.6 Dopravované množství sáčků	29
1.7 Uložení sáčků	30
2 Výpočet manipulačního dopravníku	33
2.1 Volba manipulačního dopravníku	33
2.2 Výpočet dopravníku	34
2.2.1 Výpočet rychlosti dopravníku pro jednotlivé sáčky	36
2.2.2 Výpočet dopravního výkonu	39
2.2.3 Výpočet základních parametrů hnacího členu	40
2.2.4 Moment setrvačnosti hnacího členu	41
2.2.5 Celkový odpor	42
2.2.6 Předběžný výkon a moment elektromotoru	45
2.2.7 Volba převodového motoru	47
2.2.8 Kontrola pohonu dopravníku na rozběh	48
2.2.9 Kontrola rychlosti hnacího válce	49
2.3 Výpočet zdvihových mechanismů	49
2.3.1 Optimalizace počtu pístů	50

2.3.2	Zatížení pro jednotlivé písky	53
2.3.3	Návrh pístu pro zvedací mechanismy	57
2.4	Kontrola těsného pera ČSN 02 2562	59
2.5	Návrhové schéma	63
3	Výsledný 3D model	64
4	Závěr	68
	Seznam použité literatury	70
	Seznam obrázků	72
	Přílohy	74

Seznam použitých symbolů

Značka	Jednotka	Název
B	[m]	pracovní šířka
b	[m]	šířka těsného pera
d	[m]	průměr konce hřídele
D_1	[m]	zvolený průměr pístu
D_{1min}	[m]	minimální průměr pístu
d_f	[m]	průměr kruhového řemene
D_v	[m]	průměr hnacího členu
F	[N]	celkový odpor
F_p	[N]	otlačující síla na plochu pera těsného
F_s	[N]	střižná síla
f_{pm}	[–]	součinitel smykového tření
G	[N]	celkové zatížení od maximální hmotnosti sáčku
G_1	[N]	zatížení pro jeden zdvihací mechanismus
G_{1p}	[N]	zatížení pístu pro první velkou sekci
G_{2p}	[N]	zatížení pístu pro samotné ovládané mechanismy
G_{3p}	[N]	zatížení pístu druhou velkou sekcí
g	[m · s ⁻²]	tíhové zrychlení
H	[m]	pracovní výška
h	[m]	výška těsného pera
i	[–]	převodový poměr
i_p	[ks]	počet balení v přepravce
i_{p1}	[ks]	počet zdvihových mechanismů v první sekci
i_{p2}	[ks]	počet samostatně ovládaných zdvihových mechanismů ve střední části
i_{p3}	[ks]	počet zdvihových mechanismů v druhé velké sekci
i_f	[ks]	počet balíčků v řadě
i_s	[ks]	maximální počet sáčků na jedno uchycení
J	[kg · m ²]	moment setrvačnosti hnacího členu
J_h	[kg · m ²]	vypočtený moment setrvačnosti hnacího členu
J_m	[kg · m ²]	moment setrvačnosti převodového motoru

L	[m]	osová vzdálenost
l	[m]	délka těsného pera
L_k	[m]	vzdálenost i-tého členu klesající aritmetickou řadou
L_s	[m]	rozměr sáčku
l_1	[m]	zdvih pístu
$l_{\text{ř}}$	[m]	celková délka kruhového řemene
l_p	[m]	otlačovaná délka těsného pera
l_v	[m]	délka hnacího členu
$M_{k'}$	[N · m]	předběžný točivý moment elektromotoru
M_{km}	[N · m]	výstupní točivý moment převodového motoru
M_M	[N · m]	statický moment od zatížení
m_{p1}	[kg · m ⁻¹]	měrná hmotnost kruhového řemene
m_{pc}	[kg]	celková hmotnost kruhového řemene
m_s	[kg]	hmotnost sáčku
m_{sc}	[kg]	celková hmotnost sáčků pro zvednutí
m_{scmax}	[kg]	maximální hmotnost sáčků na jedno uchycení
m_{sek_1}	[kg]	hmotnost první velké sekce
m_{sek_2}	[kg]	hmotnost střední sekce
m_{sek_3}	[kg]	hmotnost druhé velké sekce
m_v	[kg]	hmotnost hnacího členu
n	[s ⁻¹]	otáčky hnacího členu
n_e	[ks]	počet převodových motorů
n_m	[min ⁻¹]	otáčky převodového motoru
n_p	[ks]	počet kruhových řemenů
n_v	[min ⁻¹]	výstupní otáčky převodového motoru
P	[W]	příkon převodového motoru
p	[Pa]	napětí v tlaku
P'	[W]	předběžný výkon elektromotoru
P_1	[Pa]	tlak v pneumatickém systému
p_D	[Pa]	dovolené napětí v tlaku
Q	[t · h ⁻¹]	dopravní výkon
Q_1	[ks · min ⁻¹]	počet uložených balení do přepravek

r_v	[m]	poloměr hnacího členu
S_{1min}	[m ²]	minimální potřebná plocha pístu
S_{pl}	[m ²]	otlačovaná plocha těsného pera
S_s	[m ²]	střížná plocha těsného pera
t_1	[m]	výška těsného pera v drážce náboje
t_c	[s]	čas jednoho cyklu robota
t_r	[s]	doba rozběhu dopravníku
V	[m ³]	objem hnacího členu
v	[m · s ⁻¹]	rychlost dopravníku
v_{hv}	[m · s ⁻¹]	skutečná rychlost hnacího členu
v_{max}	[m · s ⁻¹]	maximální rychlost dopravníku
v_{min}	[m · s ⁻¹]	minimální rychlost dopravníku
ε	[°]	sklon dopravníku
η_m	[–]	účinnost převodového motoru
η_p	[–]	účinnost pístu
π	[–]	Ludolfovo číslo
ρ	[kg · m ⁻³]	hustota látky
τ_{DS}	[Pa]	dovolené napětí ve stříhu
τ_s	[Pa]	napětí ve stříhu
ω	[rad · s ⁻¹]	úhlová rychlost

Úvod

V minulých letech se ukládání produktů do manipulačních nádob využívalo především pomocí lidské práce. S příchodem automatizace se lidská činnost do jisté míry omezila a na řadu přišly manipulátory. Automatizační proces má tu výhodu, že může pracovat nepřetržitě ve 24 hodinovém cyklu bez jakékoliv přestávky nebo dlouhého zastavení. Další výhodou je i to, že pracuje rychleji než člověk, spolehlivěji a v dlouhodobém časovém horizontu i levněji.

Manipulační dopravníky nebo manipulační zařízení se začínají využívat ve všech odvětvích průmyslu. Tato diplomová práce je zaměřena na potravinářský průmysl, na technologii a manipulaci se zeleninou. Manipulační dopravníky nebo manipulační zařízení mají za úkol vkládat do připravených manipulačních beden již navážený a zabalený produkt z balícího stroje.

Cílem diplomové práce je návrh a konstrukční řešení manipulačního dopravníku v potravinářství. Samotný návrh manipulačního dopravníku bude obsahovat výpočet pohonné jednotky a ostatní dílčí výpočty pro návrh manipulační části dopravníku.

Zadání diplomové práce zadala firma Htech cz s.r.o., která sídlí v Olomouci. Firma se zaměřuje na strojní technologii pro zpracování a manipulaci různých druhů produktů.

V úvodní části diplomové práce byla popsána rešerše manipulačních dopravníků jiných firem a ověření minimálních hygienických kritérií pro dopravu v potravinářství. Další část diplomové práce obsahuje výpočet manipulačního dopravníku, nejprve je vypočítán samotný dopravník a následně jsou navrhnuty a vypočteny zdvihové mechanismy. V závěru práce je popsán 3D model manipulačního dopravníku.

Přílohy diplomové práce obsahují sestavný výkres manipulačního dopravníku a jednotlivé podsestavy sestavného výkresu.

1 Úvod do problematiky

1.1 Cíle diplomové práce

Diplomová práce je zaměřena na ukládání zabaleného produktu do bedny, který se nachází na *Obr. 1, ozn.9*, popis principu viz níže.

Cíle diplomové práce:

- Zpracovat rešerši na manipulaci a dopravu s očištěnými bramborami
- Ověřit podmínky pro zajištění minimálních hygienických kritérií při manipulaci s potravinářskými komoditami
- Variantně navrhnout dopravní a manipulační část zařízení pro výše uvedenou komoditu
- Kapacitně a pevnostně ověřit zvolenou variantu dopravníku
- Vytvořit sestavný výkres zvoleného manipulačního dopravníku a vytvořit dílčí výkresy

1.2 Manipulační dopravníky v potravinářství

Dopravní systém v potravinářském průmyslu je velice rozsáhlý a obsahuje velké množství pomocných či manipulačních strojů.

Celý proces začíná přivezením produktu do potravinářské či zemědělské společnosti (*Obr. 1, ozn.1*). Produkt se dováží buď v big bag vacích, dřevěných nebo plastových bednách. Bedny se vysypávají pomocí bednových vykladačů (*Obr. 1, ozn.2*). Big bag vaky jsou vysypávány do příjmových košů (*Obr. 1, ozn.3*).

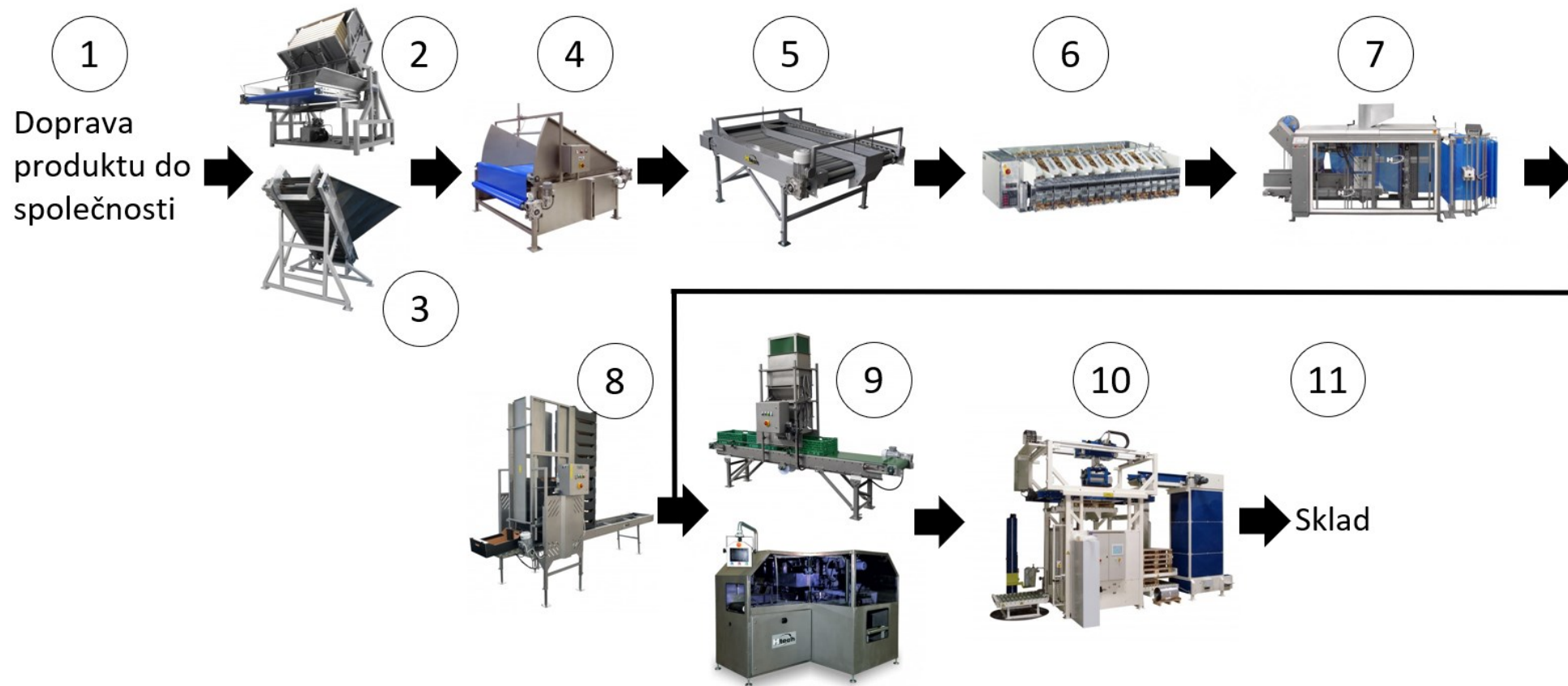
Produkt je dopravován po dopravních trasách k dalšímu procesu. Pokud je požadováno, aby byl produkt očištěn, čištění probíhá ve vodních pračkách, ve kterých je produkt zbaven nečistot. Produkt může projít vyrovnávacím zásobníkem (*Obr. 1, ozn.4*). Tento zásobník vyrovnává dávku od předchozí fáze na lince, dávka může být nepravidelná

nebo rázová. Cílem je, aby dávkování bylo plynulé. Dále následují inspekční stoly (*Obr. 1, ozn.5*), kde je vizuální kontrola.

Poté se produkt dopravuje do dávkovacích vah (*Obr. 1, ozn.6*), kde se naprogramuje požadovaná hmotnost balení. Pomocí vibračních dopravníků se produkt dopravuje do kapes, poté se vyhodnotí, které kapsy mají v součtu nejbližší hodnotu naprogramované hmotnosti. Kapsy vysypou produkt na dopravník, který jej dopraví do balicího stroje (*Obr. 1, ozn.7*). Balicí stroj zabalí požadovanou a zváženou dávku do sáčků nebo pytlů.

Takto zabalený produkt pokračuje k automatickému balení (*Obr. 1, ozn.9*), kde se produkt ukládá do přepravovacích krabic. Přepravovací krabice jsou podávány na automatickém podavači (*Obr. 1, ozn.8*). Tyto naplněné krabice směřují k paletizátoru (*Obr. 1, ozn.10*), kde se postupně ukládají krabice na sebe. Naskládané určité množství krabic se z paletizátoru dopravuje do skladovacích prostorů.

Schéma zpracování a balení produktu



Obr. 1 Schéma zpracování a balení produktu [1]

1.3 Minimální hygienická kritéria v dopravě v potravinářském průmyslu

Odpovídající legislativa k hygienickým požadavkům je určena na základě:

- Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů
- Zákon č. 267/2015 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony
- Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 38/2001 Sb., o hygienických požadavcích na výrobky určené pro styk s potravinami a pokrmami
- Přepis 186/2003 Sb., Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 38/2001 Sb., o hygienických požadavcích na výrobky určené pro styk s potravinami a pokrmami

V bodech jsou vybrány některé důležité podmínky pro dodržení styku dopravovaného materiálu s rámovou konstrukcí dopravníku, s poháněcím pasem, s manipulátory aj.

- „Hygienické požadavky a limity na výrobky určené pro styk s potravinami musí být ověřovány za podmínek a podle pravidel stanovených touto vyhláškou a přímo použitelného předpisu Evropských společenství.“
- „Výrobky určené pro styk s potravinami vyrobené kombinací více druhů materiálů se hodnotí jako celek, přičemž hlavní důraz se klade na materiál, který přichází do přímého styku s potravinou.“
- „Výrobky určené pro styk s potravinami musí být s ohledem na jejich použití konstruovány tak, aby umožňovaly řádné čištění, sterilizaci, případně dezinfekci před každým stykem s potravinou a aby po celou dobu své životnosti odolávaly čisticím, dezinfekčním a sterilizačním prostředkům a postupům. Musí mít funkční a mechanické vlastnosti odpovídající předpokládanému použití.“
- „Výrobky určené pro styk s potravinami, které jsou určeny pro opakované použití, musí i při opakovaném použití vyhovovat hygienickým požadavkům stanoveným touto vyhláškou. Tyto výrobky nesmějí být ani dočasně použity pro nepotravinářské zboží.“

- „Vnější i vnitřní povrch výrobků z kovů musí být čistý, hladký, bez makroskopicky viditelných trhlin, skvrn, zjevných rýh, známek koroze, otřepků, zalisovaných předmětů, promáčklin, výdutin, ostrin nebo ostrých přelisků. Je přípustný jen takový stupeň deformace kovových výrobků, který neovlivní nepříznivě jejich funkci.“ [2]

1.4 Přehled konstrukcí manipulačních dopravníků jiných firem

V této kapitole se budu věnovat popisu různých řešení manipulačních dopravníků k ukládání sáčků do bedny či jiného manipulačního prostředku. Pokud nastane na zařízení zpoždění, zpomalení nebo zastavení, je tento stav velice nákladný a je potřeba se tohoto problému vyvarovat. V potravinářském průmyslu je nejdůležitější časová účinnost a určuje účinnost zařízení. K ukládání sáčků do připravené bedny se řeší mnoha způsoby.

Možnosti ukládání sáčků:

- Ruční ukládání (pracovník)
- Dopravník s kapsou
- Dopravník se zdvihovými mechanismy
- Šikmý plnič beden

1.4.1 Ruční ukládání

Dopravované sáčky přepadávají z konce dopravníku na přebírací stůl. Zde je samotná obsluha odebírá a rovná je do bedny.

U tohoto typu ukládání do bedny je největší výhoda, že se nepotřebuje takové množství strojů než u ostatních druhů ukládání. Mezi nevýhody patří pomalá produktivita pracovníků a při vyšší produkci je potřeba vyšší počet pracovníků. Ruční ukládání je pro člověka fyzicky náročné.

1.4.2 Dopravník s kapsou

Součástí dopravníku je kapsa, která je umístěna na konci dopravníku. Do této kapsy jsou dopravovány sáčky s produktem. Po naplnění kapsy o určitém počtu sáčků, se kapsa vyprázdní do připravené bedny, která je pod kapsou. Aby bylo docíleno správné zaplnění bedny, dopravník s kapsou se natáčí o úhel do stran. Kapsa je kloubově spojena s otočným dopravníkem a pojíždí do stran (doprava, doleva) po profilu.



Obr. 2 Dopravník s kapsou – místo 1 [3]

Na *Obr. 2* je dopravník v levé krajní pozici a natočený o úhel $-\alpha^\circ$ (*Obr. 5: místo 1*). Dopravovanými sáčky se naplní kapsa (*Obr. 6, poz.3*). Po naplnění patřičným počtem sáčků se kapsa vyprázdní do připravené bedny pod kapsou (*Obr. 6, poz.4*).



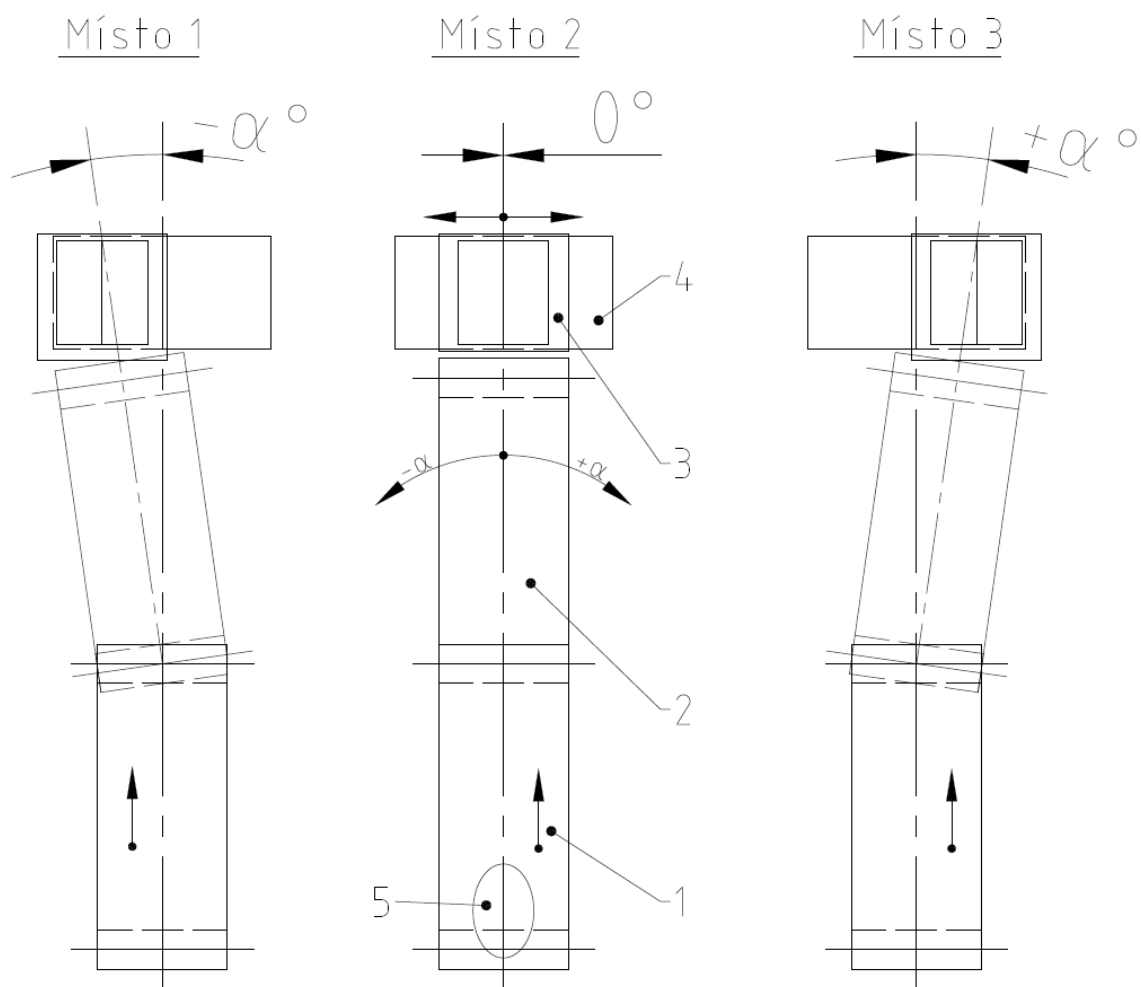
Obr. 3 Dopravník s kapsou – místo 2 [3]

Po vyprázdnění kapsy v úhlu $-\alpha^\circ$ se dopravník pootočí do úhlu 0° (*Obr. 3, Obr. 5: místo 2*), v kterém se začínám kapsa plnit patřičným počtem dopravovaných sáčků. Kapsa se vyprázdní do středu bedny. Konečnou pozicí je místo 3, které se dosáhne natočením dopravníku o úhel $+\alpha^\circ$ (*Obr. 4, Obr. 5: místo 3*).

Celý cyklus se opakuje, pokud bedna není naplněna patřičným počtem sáčků s produktem. Výhodou je plně automatizovaná produkce. Nevýhodou je složitější konstrukce otoče pod dopravníkem.

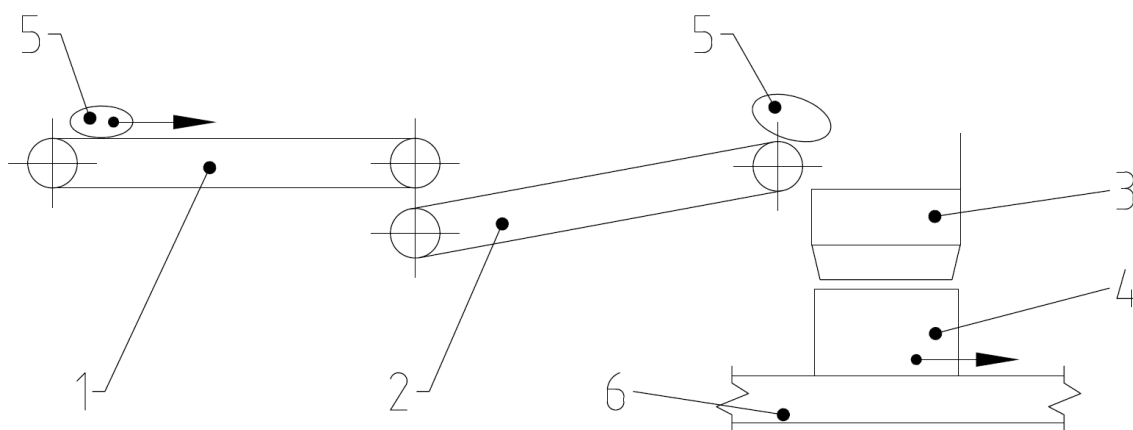


Obr. 4 Dopravník s kapsou – místo 3 [3]



Obr. 5 Schéma dopravníku s kapsou

- Poz. 1 Pásový dopravník
- Poz. 2 Otočný pásový dopravník
- Poz. 3 Kapsa
- Poz. 4 Bedna
- Poz. 5 Sáček s produktem



Obr. 6 Schéma dopravníku s kapsou – bokorys

- Poz. 1 Pásový dopravník
- Poz. 2 Otočný pásový dopravník
- Poz. 3 Kapsa
- Poz. 4 Bedna
- Poz. 5 Sáček s produktem
- Poz. 6 Dopravník pro plné bedny

1.4.3 Dopravník se zdvihovými mechanismy

Sáčky naplněné produktem jsou dopravovány na dopravník, který je specifický úzkými pásy a příslušnými zdvihovými mechanismy. Po dopravení sáčku k tomuto dopravníku je sáček dále dopravován na úzkých pásech (Obr. 10, poz.6). Mezi úzkými pásy jsou zdvihové mechanismy (Obr. 10, poz.5), které se postupně vysouvají podle velikosti dopravovaného sáčku.

Při dopravě prvního sáčku jsou všechny sekce zdvihových mechanismů zasunuty (Obr. 7, Obr. 11a). Na konci dopravníku je doraz (Obr. 11, poz.3), ke kterému dorazí dopravovaný sáček a současně se zvedne první sekce zdvihových mechanismů (Obr. 8, Obr. 11b).



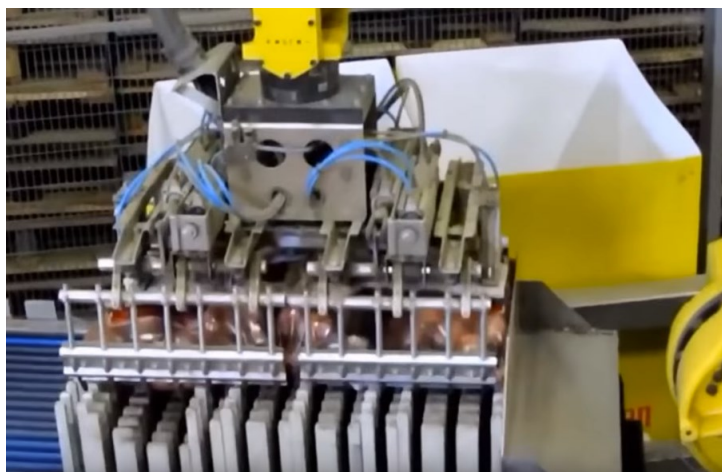
Obr. 7 Dopravník se zdvihovými mechanismy – krok 1 [4]

V dalším kroku se dopravuje druhý sáček. Až je sáček nad druhou sekci, zdvihové mechanismy sáček vyzvednou. Ideálním případem je, aby se sáčky překrývaly. Slouží to pro lepší využití prostoru v přepravované bedně.

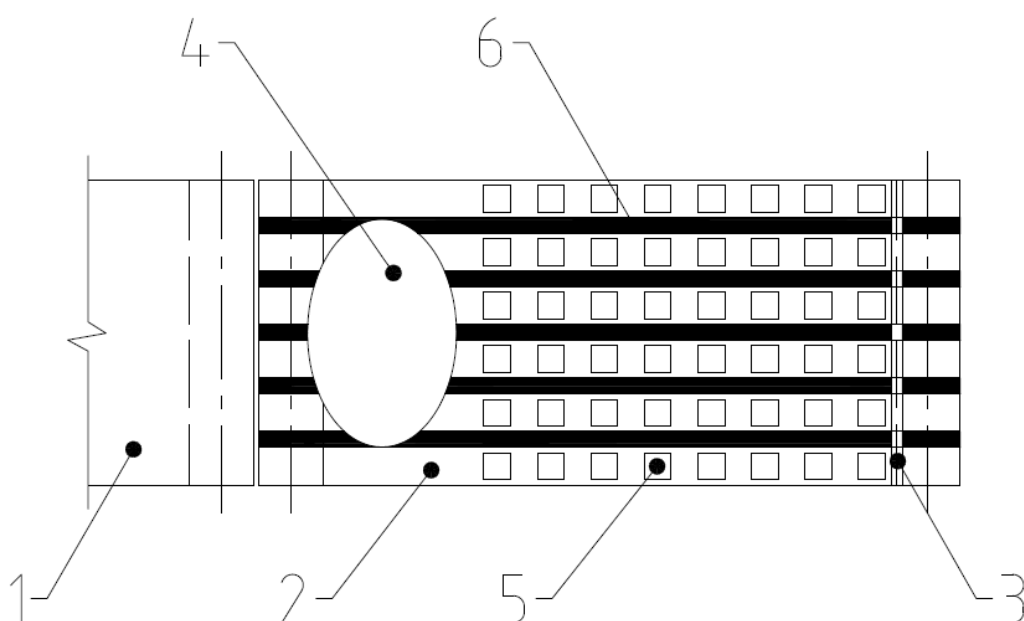


Obr. 8 Dopravník se zdvihovými mechanismy – krok 2 [4]

Celý cyklus se opakuje po zvednutí určitého počtu sekcí. Až je dopraven a zvednut určitý počet sáčků, tak robotická ruka uchopí tyto sáčky a přemístí je do bedny (*Obr. 9, Obr. 11c*). Po vyzvednutí sáčků ze sekcí se zdvihové mechanismy zasunou a celý cyklus se může opakovat.

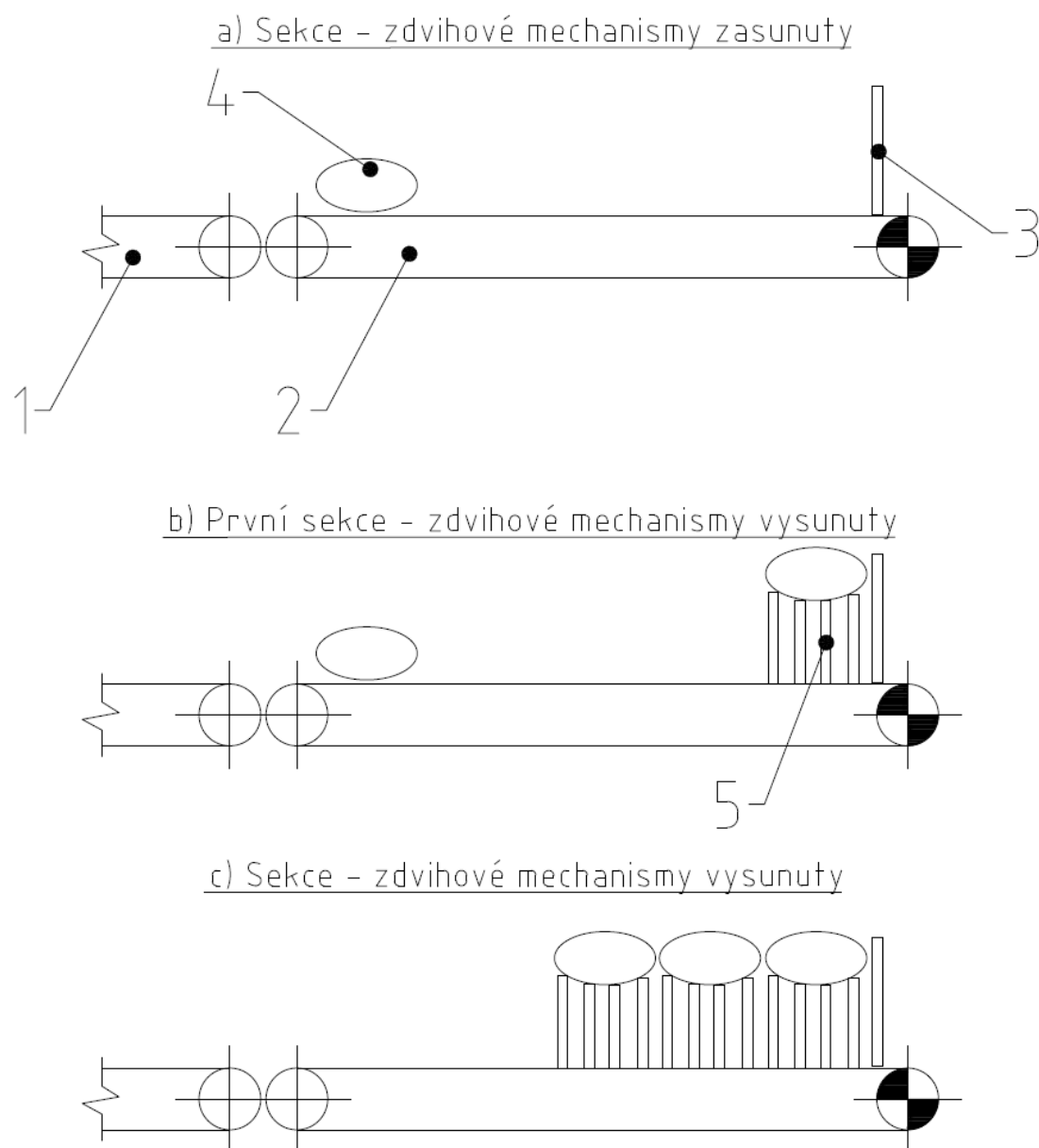


Obr. 9 Dopravník se zdvihovými mechanismy – krok 3 [4]



Obr. 10 Schéma dopravníku se zdvihovými mechanismy – půdorys

- Poz. 1 Předcházející pásový dopravník
- Poz. 2 Pásový dopravník se zdvihovými mechanismy
- Poz. 3 Doraz
- Poz. 4 Sáček s produktem
- Poz. 5 Zdvihové mechanismy
- Poz. 6 Kruhové řemeny



Obr. 11 Schéma dopravníku se zdvihovými mechanismy

- Poz. 1 Předcházející pásový dopravník
- Poz. 2 Pásový dopravník se zdvihovými mechanismy
- Poz. 3 Doraz
- Poz. 4 Sáček s produktem
- Poz. 5 Zdvihové mechanismy

1.4.4 Šikmý plnič beden

Zabalený produkt je dopravován v řadě z balicího stroje. Zabalený produkt vstupuje do nerezového balicího stroje, kde jsou uloženy po více kusech do plastových nebo kartonových beden. Je vhodný pro všechny typy síťových nebo foliových sáčků. [5]

Stroj je vybaven podávacím dopravníkem krabicových beden (*Obr. 15, poz.5*). Dopravník pro podávání beden je nakloněn pod úhlem pro lepší usazení sáčků v bedně (*Obr. 12*). Po každém dopravení sáčků do bedny se s bednou zatřese, aby se využilo co největší místo v bedně.



Obr. 12 Šikmý plnič beden – prázdná bedna [6]

Příchozí sáčky se dopravují po pásovém dopravníku (*Obr. 15, poz.1*), kde posuvník sáčků (*Obr. 15, poz.6*) je posune na pásový dopravník (*Obr. 15, poz.2*). Pokud je zapotřebí, že se v krabici musí uložit dva sáčky vedle sebe, tak se musí na pásový dopravník (*Obr. 15, poz.2*) dopravit ještě jeden sáček. Poté je posuvník sáčků (*Obr. 15, poz.7*) posune dále na šikmý pásový dopravník (*Obr. 15, poz.3*), který jej dopraví do krabice (*Obr. 15, poz.4, Obr. 13*). Zároveň se krabice střásá, aby se sáčky dobře usadily. Celý proces končí tím, že se s celou bednou zatřese, aby se sáčky dobře usadily.

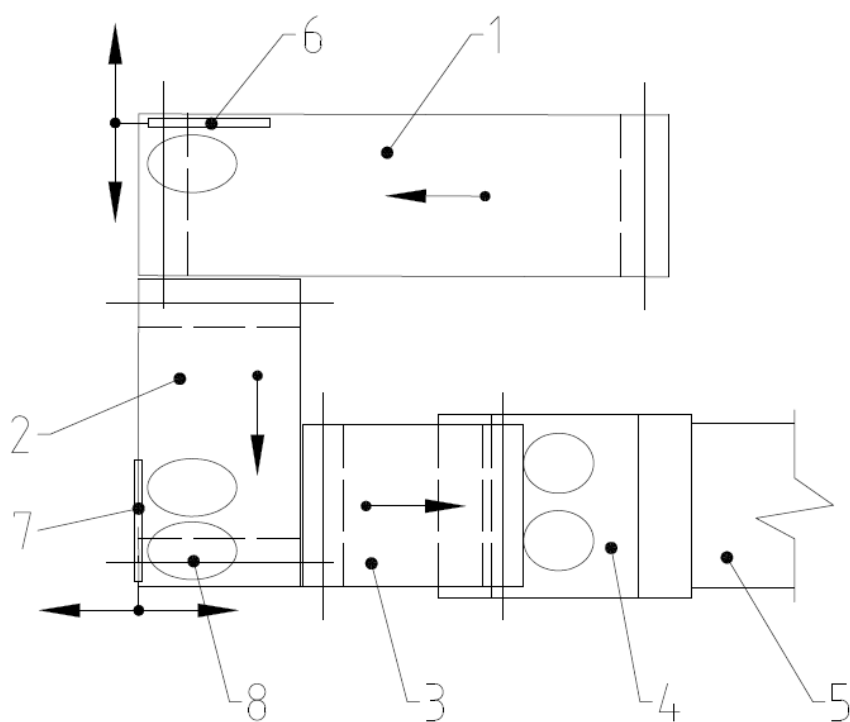
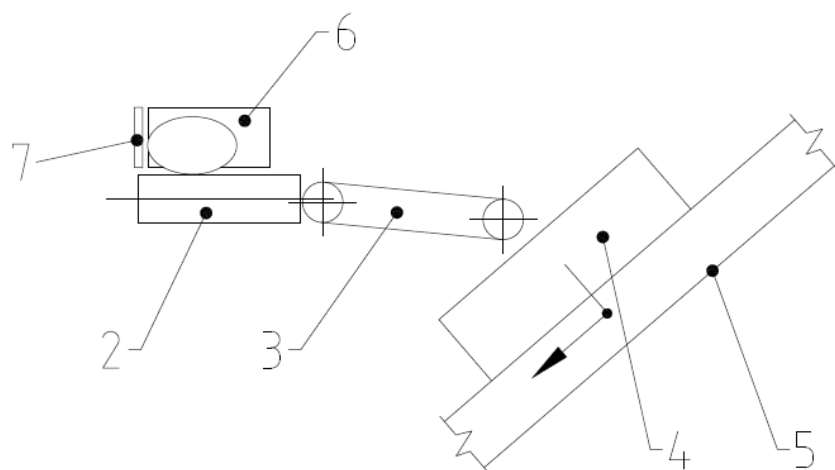


Obr. 13 Šikmý plnič beden – plnění bedny [6]

Po uložení patřičného počtu sáčků do krabice, se krabice posunuta dolů. Poté se dopraví další prázdná krabice pro další naplnění. Celý cyklus se znovu opakuje. Naplněné bedny dále pokračují na ukládací zařízení na palety.



Obr. 14 Šikmý plnič beden – naplněná bedna [6]



Obr. 15 Schéma šikmého plniče beden

- Poz. 1 Pásový dopravník
- Poz. 2 Pásový dopravník
- Poz. 3 Šikmý dopravník
- Poz. 4 Bedna
- Poz. 5 Šikmý dopravník na bedny
- Poz. 6 Posuvník sáčků
- Poz. 7 Posuvník sáčků
- Poz. 8 Sáček s produktem

1.5 Dopravované sáčky

Dopravované produkty se pro lepší manipulaci a pro určité množství ukládají do určitých typů sáčků. Sáčky musí být zdravotně nezávadné a nesmí dojít ke kontaminaci se zabaleným produktem. Mezi nejčastější typy balení produktu patří: carry fresh, síť klipr, igelitový sáček a pytel rašl.



a)



b)



c)



d)

a) Carry fresh [7], b) Síť klipr [8], c) Igelitový sáček [9], d) Pytel rašl [10]

Obr. 16 Dopravované sáčky

1.6 Dopravované množství sáčků

Zvolený manipulační dopravník musí být navržen tak, aby vyhovoval maximálnímu výkonu sáčků. Níže uvedené hodnoty jsou poskytnuty zadávající firmou diplomové práce.

Důležitou roli hraje i vhodné uložení sáčků do přepravky, aby se do ní vlezlo co největší množství sáčků. Maximální hmotnost bedny i s produktem nesmí přesáhnout hmotnost 15 kg. Tento údaj je daný pro ručně manipulovaná břemena přenášená ženou s častým zvedáním.

Tab. 1 Hmotnost, počet sáčků a výkon uložených sáčků

Druh sáčku	Hmotnost sáčku m_s (kg)	Počet balení v přepravce i_p (ks)	Počet uložených sáčků do přepravek Q_1 (ks · min ⁻¹)	Uložení do:
Carry fresh	1	10	80	Přepravka IFCO
	1,5	10	80	
	2	7	65	
	3	5	40	
	5	3	25	
Síť klipr	1	10	80	
	1,5	10	80	
	2	7	65	
	5	3	25	
Igelitový pytel	1,5	10	80	
	2	7	65	
	5	3	25	
Pytel rašl	5	3	12	

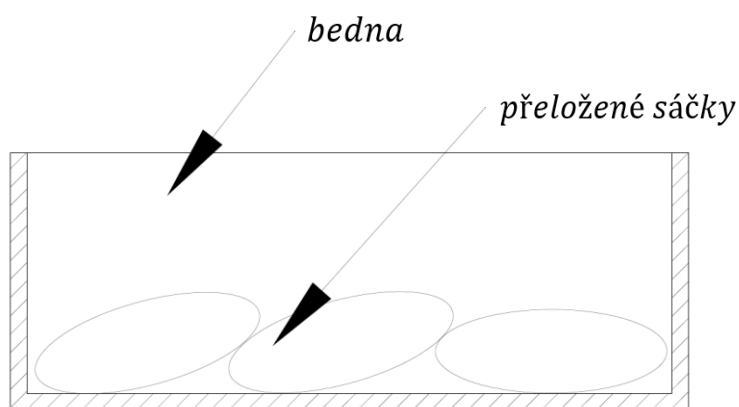
Tab. 2 Hmotnost a rozměr sáčků

Druh sáčku	Hmotnost sáčku m_s (kg)	Rozměr sáčku (mm)
Carry fresh	1	200 x 200 x (90 až 110)
	1,5	250 x 250 x (90 až 110)
	2	260 x 235 x (120 až 130)
	3	290 x 240 x (140 až 150)
	5	415 x 290 x (130 až 145)
Síť klipr	1	200 x 200 x (70 až 100)
	1,5	235 x 235 x (70 až 90)
	2	285 x 285 x (90 až 100)
	5	410 x 410 x (110 až 130)
Igelitový pytel	1,5	210 x 265 x (60 až 80)
	2	260 x 265 x (70 až 90)
	5	390 x 310 x (130 až 150)
Pytel rašl	5	400 x 310 x (100 až 120)

1.7 Uložení sáčků

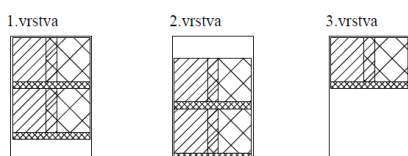
Vhodné uložení sáčků do bedny je jedno z hlavních kritérií. Do bedny se musí uložit ideální množství sáčků, aby bedna byla co nejvíce zaplněna, ale nesmí přesáhnout hmotnost 15 kilogramů.

Proto se musí navrhnout takové uložení sáčků, aby bylo zaplnění co nejvíce ideální. Vhodné uložení je takové, když se sáčky částečně přeloží přes sebe.

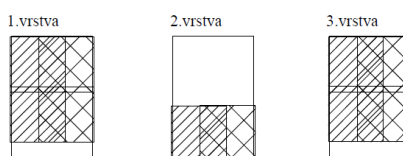


Obr. 17 Přeložené sáčky

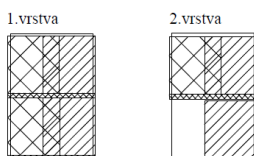
carry fresh 1 kg, 10 ks



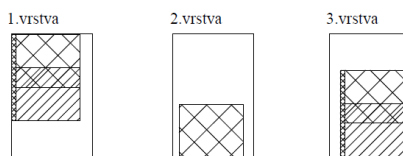
carry fresh 1,5 kg, 10 ks



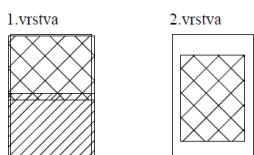
carry fresh 2 kg, 7 ks



carry fresh 3 kg, 5 ks



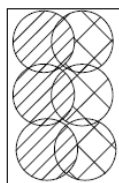
carry fresh 5 kg, 3 ks



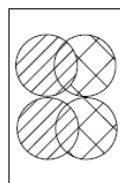
Obr. 18 Možné uložení sáčků carry fresh

síť klipr 1 kg, 10 ks

1.vrstva

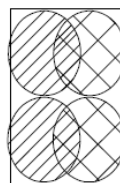


2.vrstva

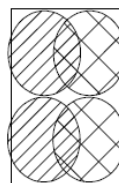


síť klipr 1,5 kg, 10 ks

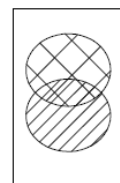
1.vrstva



2.vrstva

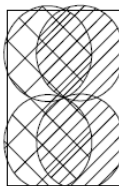


3.vrstva

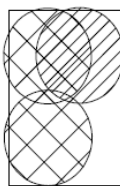


síť klipr 2 kg, 7 ks

1.vrstva

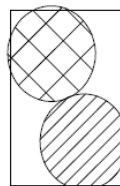


2.vrstva

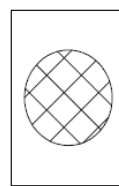


síť klipr 5 kg, 3 ks

1.vrstva



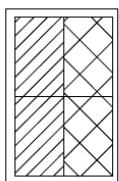
2.vrstva



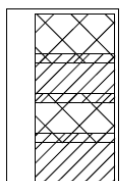
Obr. 19 Možné uložení sítěk klipr

igelitový pytel 1 kg, 10 ks

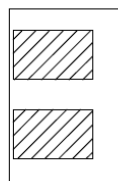
1.vrstva



2.vrstva

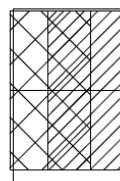


3.vrstva

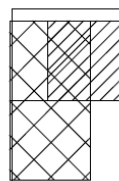


igelitový pytel 2 kg, 7 ks

1.vrstva

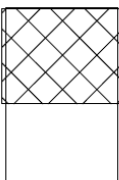


2.vrstva

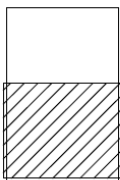


igelitový pytel 5 kg, 3 ks

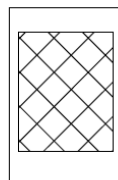
1.vrstva



2.vrstva

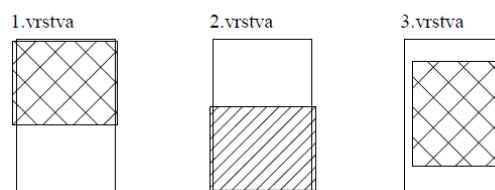


3.vrstva



Obr. 20 Možné uložení igelitových pytlů

pytel rašl 5 kg, 3 ks



Obr. 21 Možné uložení pytle rašl

2 Výpočet manipulačního dopravníku

Obsahem následující kapitoly bude volba manipulačního dopravníku z vypracované rešerše, samotný výpočet a návrh dopravníku, výpočet a optimalizování zvolených mechanismů a na konci kapitoly bude zobrazeno návrhové schéma manipulačního dopravníku.

2.1 Volba manipulačního dopravníku

K dopravě a pro manipulaci s dopravovaným produktem **použiji dopravník se zdvihovými mechanismy**. Rozhodnuto bylo z několika hledisek:

- doprava všech sáčků od 1[kg] do 5 [kg]
- úspora místa
- minimální posuvné činnosti s dopravovaným produktem
- celý dopravník bude vyroben z nerezů
- zdvihové mechanismy budou vyrobeny ze zdravotně nezávadného polyoxymethylénu
- nižší hmotnost
- ke zdvihu lze použít upravovaný tlakový vzduch

2.2 Výpočet dopravníku

Ze zadaných hodnot vypočítám a navrhnu řemenový dopravník. Výpočet dopravníku proveden dle [11], [12].

Tab. 3 Zadané hodnoty

Osová vzdálenost L =	1 200	mm
Pracovní šířka B =	500	mm
Pracovní výška H =	900 ± 50	mm

Podle Obr. 18 až Obr. 21 byl navržen maximální počet sáčků Tab. 4, který bude dopravovat efektor do připravených beden. U menších hmotností budou sáčky ve dvou řadách. Dále se určilo, kolik sáčků bude v řadě na manipulačním dopravníku.

Celková hmotnost jednotlivých typů sáčků

Celková hmotnost sáčků m_{sc} je součet hmotností, která se v jednom cyklu přemístí efektem z manipulačního dopravníku do připravené bedny.

a) Celková hmotnost sáčků typu Carry fresh o hmotnosti 1 kg

$$m_{sc} = m_s \cdot i_s \quad (2.2.1)$$

$$m_{sc} = 1 \cdot 4 = 4 \text{ [kg]}$$

m_s – hmotnost sáčku
 i_s – maximální počet sáčků na jedno uchycení

b) Celková hmotnost sáčků typu pytel rašl o hmotnosti 5 kg

$$m_{sc} = m_s \cdot i_s \quad (2.2.2)$$

$$m_{sc} = 1 \cdot 5 = 5 \text{ [kg]}$$

Celková hmotnost sáčků pro zvednutí ostatních sáčků jsou určeny v tabulce níže.

Tab. 4 Maximální počet sáčků pro uchycení a počet balíčků v řadě

Druh sáčku	Hmotnost sáčku m_s (kg)	Maximální počet sáčků na jedno uchycení i_s (ks)	Celková hmotnost sáčků pro zvednutí m_{sc} (kg)	Počet balíčků v řadě i_r (ks)
Carry fresh	1	4	4	2
	1,5	4	6	2
	2	4	8	2
	3	2	6	2
	5	1	5	1
Síť klipr	1	6	6	3
	1,5	4	6	2
	2	2	4	2
	5	1	5	1
Igelitový pytel	1,5	4	6	2
	2	2	4	2
	5	1	5	1
Pytel rašl	5	1	5	1

V dalších výpočtech se bude počítat s maximální hmotností sáčku, které se budou zvedat. Podle Tab. 4 je maximální hmotnost $m_{scmax} = 8$ [kg].

Po konzultaci se zadavatelskou firmou byly navrženy jednotlivé časové cykly robota. Čas jednoho cyklu je doba, od uchycení sáčků z dopravníku, poté vložení sáčků do bedny a celý cyklus končí, když se robot vrátí nad vyzvednuté sáčky na dopravníku. Jednotlivé časy jsou zapsány do tabulky níže.

Tab. 5 Čas jednoho cyklu robota

Druh sáčku	Hmotnost sáčku m_s (kg)	Čas jednoho cyklu robota t_c (s)
Carry fresh	1	3
	1,5	3
	2	4
	3	3
	5	3
Síť klipr	1	3
	1,5	3
	2	3
	5	3
Igelitový pytel	1,5	3
	2	3
	5	3
Pytel rašl	5	5

Dopravované sáčky se budou dopravovat na délce $L = 1,2$ [m]. Sáčky se budou řadit postupně za sebou. Pro výpočet je rozhodující rozměr sáčku L_s , tento rozměr je rovnoběžný se směrem rychlosti dopravníku.

Tab. 6 Rozměr sáčků

Druh sáčku	Hmotnost sáčku m_s (kg)	Délka dopravníku L (mm)	Rozměr sáčku L_s (mm)
Carry fresh	1	1 200	200
	1,5		250
	2		260
	3		290
	5		415
Síť klipr	1		200
	1,5		235
	2		285
	5		410
Igelitový pytel	1,5		210
	2		260
	5		390
Pytel rašl	5		400

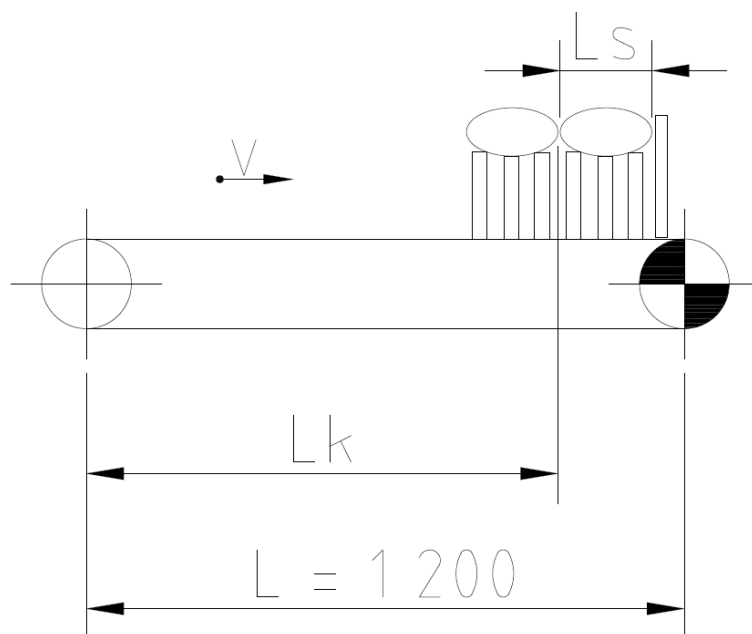
2.2.1 Výpočet rychlosti dopravníku pro jednotlivé sáčky

Rychlost dopravníku vypočítáme pomocí zadané osově vzdálenosti L . Dále byla vypočítána vzdálenost L_k , která klesá aritmetickou řadou. Musíme také znát počet sáčků i , které se za sebou zařadí. Nezbytnou součástí je také doba cyklu robota. Časy pro jednotlivé uložení jsou vypsány v Tab. 5. Níže je vypočítána rychlost dopravníku pro sáček Carry fresh o hmotnosti 1 [kg] a rychlost dopravníku pro pytel rašl o hmotnosti 5 [kg].

a) Výpočet rychlosti dopravníku pro sáček Carry fresh o hmotnosti 1 kg

Vzdálenost L_k

Jedná se o vzdálenost i -tého členu klesající aritmetickou řadou (balíčky se řadí za sebou).



Obr. 22 Vzdálenost L_k

$$L_k = L - (i_{\text{ř}} - 1) \cdot L_s \quad (2.2.1.1)$$

$$L_k = 1200 - (2 - 1) \cdot 200 = 1000 \text{ [mm]} = 1 \text{ [m]}$$

L – osová vzdálenost
 $i_{\text{ř}}$ – počet balíčků v řadě
 L_s – rozměr sáčku

Rychlost dopravníku

$$v = \frac{i_{\text{ř}} \cdot \frac{L + L_k}{2}}{t_c} \quad (2.2.1.2)$$

$$v = \frac{2 \cdot \frac{1,2 + 1}{2}}{3} = 0,73 \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}\text{]}$$

$i_{\text{ř}}$ – počet balíčků v řadě
 L – osová vzdálenost
 L_k – vzdálenost i-tého členu klesající aritmetickou řadou
 t_s – čas jednoho cyklu robota

b) Výpočet rychlosti dopravníku pro pytel rašl o hmotnosti 5 kg

Vzdálenost L_k

$$L_k = L - (i_{\check{r}} - 1) \cdot L_s \quad (2.1.1.3)$$

$$L_k = 1\,200 - (1 - 1) \cdot 400 = 1\,200 \text{ [m]} = 1,2 \text{ [m]}$$

Rychlost dopravníku

$$v = \frac{i_{\check{r}} \cdot \frac{L + L_k}{2}}{t_c} \quad (2.2.1.4)$$

$$v = \frac{1 \cdot \frac{1,2 + 1,2}{2}}{5} = 0,24 \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}\text{]}$$

Ostatní rychlosti jsou vypočteny v tabulce níže podle vzorců (2.2.1.1) a (2.2.1.2).

Tab. 7 Rychlost pro jednotlivé sáčky

Druh sáčku	Hmotnost sáčku m_s (kg)	Rychlost dopravníku v ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
Carry fresh	1	0,73
	1,5	0,72
	2	0,54
	3	0,70
	5	0,40
Síť klipr	1	1,00
	1,5	0,72
	2	0,71
	5	0,40
Igelitový pytel	1,5	0,73
	2	0,71
	5	0,40
Pytel rašl	5	0,24

Z Tab. 7 byla určena maximální rychlost $v_{\max} = 1,00 \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}\text{]}$, minimální rychlost je $v_{\min} = 0,24 \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}\text{]}$. Pro další výpočty se bude počítat s rychlostí v_{\max} .

2.2.2 Výpočet dopravního výkonu

Ze zadaných hodnot – hmotnosti sáčku m_s a počtu uložených sáčků do přepravky Q_1 , byl vypočítán dopravní množství Q .

a) Výpočet dopravního výkonu pro sáček Carry fresh o hmotnosti 1 kg

$$Q = Q_1 \cdot \frac{m_s}{1\,000} \cdot 60 \quad (2.2.2.1)$$

$$Q = 80 \cdot \frac{1}{1\,000} \cdot 60 = 4,8 [t \cdot h^{-1}]$$

Q_1 – počet uložených balení do přepravek
 m_s – hmotnost sáčku

b) Výpočet dopravního výkonu pro pytel rašl o hmotnosti 5 kg

$$Q = Q_1 \cdot \frac{m_s}{1\,000} \cdot 60 \quad (2.2.2.2)$$

$$Q = 12 \cdot \frac{5}{1\,000} \cdot 60 = 3,6 [t \cdot h^{-1}]$$

Tab. 8 Dopravní výkon pro jednotlivé typy sáčků

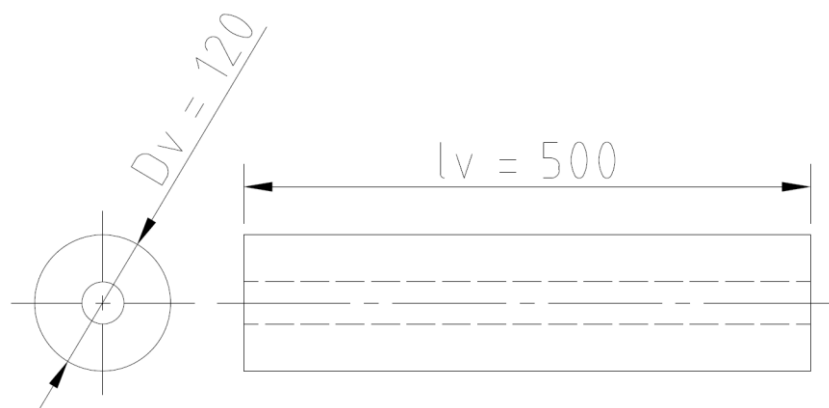
Druh sáčku	Hmotnost sáčku m_s (kg)	Počet uložených balení do přepravek Q_1 [ks · min ⁻¹]	Dopravní výkon Q [t · h ⁻¹]
Carry fresh	1	80	4,8
	1,5	80	7,2
	2	65	7,8
	3	40	7,2
	5	25	7,5
Síť klipr	1	80	4,8
	1,5	80	7,2
	2	65	7,8
	5	25	7,5
Igelitový pytel	1,5	80	7,2
	2	65	7,8
	5	25	7,5
Pytel rašl	5	12	3,6

2.2.3 Výpočet základních parametrů hnacího členu

Hnací člen bude vyroben z polyoxymetylénu. Materiál byl vybrán z důvodu zdravotní nezávadnosti pro dopravovaný materiál. Hnací člen má průměr $D_v = 120$ [mm] a délku $l_v = 500$ [mm]. Pro převod momentu na hnací člen se použijí kruhové řemeny, proto na válci budou vysoustruženy drážky, v kterých budou kruhové řemeny.

Hnací člen bude nalisován na hnací hřídeli a zajištěn stavěcím šroubem (červíkem).

V následující kapitole budou vypočítány otáčky hnacího členu a úhlová rychlost hnacího členu.



Obr. 23 Zjednodušený hnací člen

Otáčky hnacího členu

$$n = \frac{v_{max}}{\pi \cdot D_v} \quad (2.2.3.1)$$

$$n = \frac{1,00}{\pi \cdot 0,120} = 2,65 \text{ [s}^{-1}\text{]}$$

v_{max} – maximální rychlost dopravníku
 D_v – průměr hnacího členu

Uhlová rychlost hnacího členu

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$$

(2.2.3.2)

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 2,65 = 16,62 \text{ [rad} \cdot \text{s}^{-1}\text{]}$$

n – otáčky hnacího členu

2.2.4 Moment setrvačnosti hnacího členu

Ve zjednodušeném výpočtu byl vypočten moment setrvačnosti hnacího členu. Výpočet byl proveden pro zjednodušený hnací člen (*Obr. 23*). Moment setrvačnosti se počítá pro osu ve středu hnacího členu, kolem které se otáčí hnací člen. Nebylo počítáno s drážkami pro kruhové řemeny a se středovou dírou pro hřídel. Na závěr byl výpočet porovnán s momentem setrvačnosti z programu Autodesk Inventor 2018.

Válce budou vyrobeny z polyoxymetylénu, který má certifikát o zdravotní nezávadnosti vůči dopravovaným materiálům. Hustota $\rho = 1\,410 \text{ [kg} \cdot \text{m}^{-3}\text{]}$ a další technické parametry dle [13].

Zjednodušený výpočet momentu setrvačnosti pro hnací člen

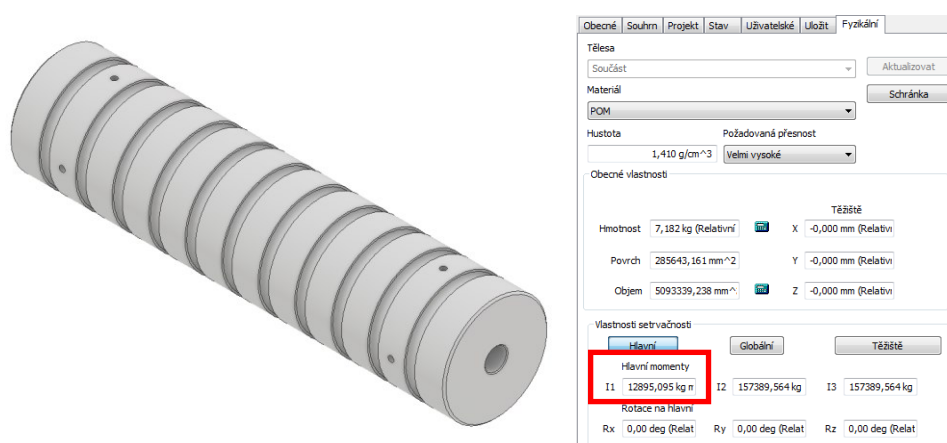
$$J_h = \frac{1}{2} \cdot m_v \cdot r_v^2 = \frac{1}{2} \cdot V \cdot \rho \cdot r_v^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi \cdot D_v^2}{4} \cdot l_v \cdot \rho \cdot r_v^2$$

(2.2.4.1)

$$J_h = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi \cdot 0,120^2}{4} \cdot 0,5 \cdot 1\,410 \cdot 0,06^2 = 0,01435 \text{ [kg} \cdot \text{m}^2\text{]}$$

m_v – hmotnost hnacího členu
 r_v – poloměr hnacího členu
 V – objem hnacího členu
 ρ – hustota polyoxymetylénu
 D_v – průměr hnacího členu
 l_v – délka hnacího členu

Optimální moment setrvačnosti pro hnací člen z Autodesk Inventor 2018



Obr. 24 Moment setrvačnosti z programu Autodesk Inventor

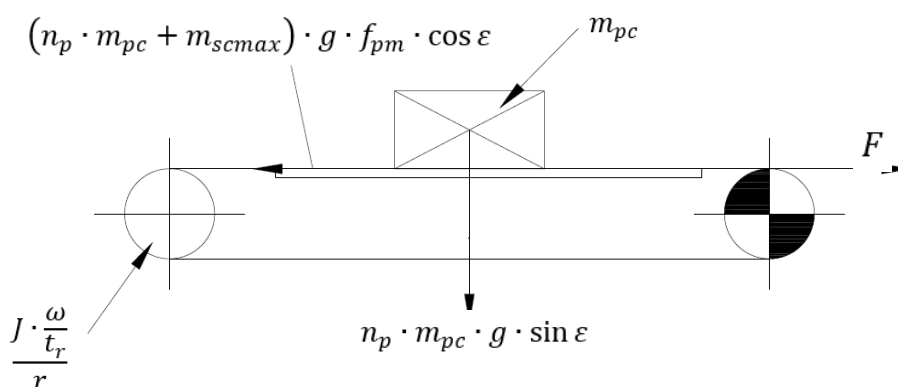
K dalšímu výpočtu byla použita hodnota momentu setrvačnosti hnacího členu z programu Autodesk Inventor 2018, která je $J = 0,012895 \text{ [kg} \cdot \text{m}^2]$.

Zjednodušený výpočet má odchylku v hodnotě, z důvodu nepočítání drážek pro kruhové řemeny a nepočítání díry pro hřídel.

2.2.5 Celkový odpor

Celkový odpor se skládá z dynamického odporu pro roztočení válce, z tření mezi kruhovým řemenem a vodící lištou a vlastním odporem pásu.

Zvolený typ dopravníku je v horizontální poloze. Úhel sklonu dopravníku tedy bude $\varepsilon = 0 \text{ [}^\circ]$.



Obr. 25 Celkový odpor

$$F = \underbrace{\frac{J \cdot \omega}{r_v}}_{\text{Dynamický odpor pro roztočení válce}} + \underbrace{(n_p \cdot m_{pc} + m_{scmax}) \cdot g \cdot f_{pm} \cdot \cos \varepsilon}_{\text{Tření mezi kruhovým řemenem a vodící lištou}} + \underbrace{n_p \cdot m_{pc} \cdot g \cdot \sin \varepsilon}_{\text{Vlastní odpor pásu}} \quad (2.2.5.1)$$

- J – moment setrvačnosti hnacího členu
 ω – úhlová rychlost
 t_r – doba rozběhu dopravníku
 r_v – poloměr hnacího členu
 n_p – počet kruhových řemenů
 m_{pc} – celková hmotnost kruhového řemene
 g – tíhové zrychlení
 f_{pm} – součinitel smykového tření
 ε – sklon dopravníku

Kruhový řemen volím od firmy Chiorino. Průměr kruhového řemene volím $d_f = 10$ [mm]. Pro výpočet potřebujeme měrnou hmotnost kruhového řemene $m_{pl} = 0,092$ [kg · m⁻¹]. Celková potřebná délka kruhového řemenu pro zvolený typ dopravníku činí $l_f = 2,78$ [m]. Délka řemene l_f byla změřena v programu Autodesk Inventor 2018. Hodnoty jsou brány z [14].

Doba rozběhu

Volím dobu rozběhu $t_r = 1$ [s].

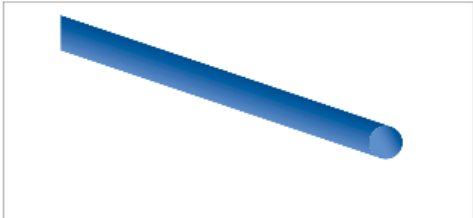
Počet kruhových řemenů

Pro zadaný typ dopravníku volím celkový počet kruhových řemenů na válci $n_p = 11$ [ks].


POLYURETHANE ROUND BELTS

TECHNICAL DATA SHEET

CODE		ES-630		TYPE	RU-10 HP blue	
COMPOSITION						
Material	Thermoplastic polyurethane (TPU) - HP® system					
Hardness	85	Sh.A				
Colour	HP® blue					
Surface	Smooth					
Coefficient of friction on steel	0.4					
TECHNICAL SPECIFICATIONS						
Diameter	10.0	mm	0.39	in.		
Weight	92.0	gr/m	0.06	lbs./ft.		
Minimum pulley diameter	80.0	mm	3.15	in.		
Pull for 8% elongation	150.0	N	33.7	lbf.		
Temperature resistance (1)	min.	-20 °C	-4 °F			
	max	60 °C	140 °F			
(1) Use of the belt with limit values may reduce its life						
Humidity influence	no					
Permanent antistatic dynamically UNI EN ISO 21179	no					



PRODUCT SYSTEM



FEATURES	
<ul style="list-style-type: none">- Excellent resistance to hidrolisis- Extremely good tensile strengths- Elasticity- Flexibility values	
COMPLIANCES	
REACH Regulation EC 1907/2006 and amendments Regulation EC 1935/2004 and amendments Regulation EC 2023/2006 and amendments Regulation EU 10/2011 and amendments FDA (Food and Drug Administration)	
SUITABLE FOR	
Packaging Food: slicing machines	

Obr. 26 Kruhový řemen [14]

Celková hmotnost kruhového řemene

$$m_{pc} = m_{p1} \cdot l_{\check{r}} \quad (2.2.5.2)$$

$$m_{pc} = 0,092 \cdot 2,78 = 0,256 [kg]$$

m_{p1} – měrná hmotnost kruhového řemene
 $l_{\check{r}}$ – celková délka kruhového řemene

Součinitel smykového tření (kruhový řemen – vodící lišta)

Součinitel smykového tření se bude nacházet mezi kruhovým řemenem a vodící lištou, která bude vyrobena z nerezové oceli.

Volím $f_{pm} = 0,4$ [–] dle [14].

Celkový odpor

Dosazení hodnot do rovnice (2.2.5.1) vypočítáme celkový odpor.

$$F = \frac{0,014 \cdot \frac{16,62}{1}}{0,06} + (11 \cdot 0,256 + 8) \cdot 0,4 \cdot 9,81 \cdot \cos 0^\circ + 11 \cdot 0,256 \cdot 9,81 \cdot \sin 0^\circ = 46,32 \text{ [N]} \quad (2.2.5.3)$$

2.2.6 Předběžný výkon a moment elektromotoru

Předběžný výkon elektromotoru

$$P' = F \cdot v_{max} \quad (2.2.6.1)$$

$$P' = 46,32 \cdot 1,00 = 46,32 \text{ [W]}$$

F – celkový odpor
 v_{max} – maximální rychlost dopravníku

Účinnost převodového motoru

Dle Obr. 27 volím účinnost převodového motoru $\eta_m = 0,706$ [–] pro 100 [%] zatížení.

Účinnost (50/75/100% P _n)	69,1 / 71,9 / 70,6	%
---------------------------------------	--------------------	---

Obr. 27 Účinnost převodového motoru [15]

Předběžný točivý moment na hřídeli

$$M_k' = \frac{P'}{2 \cdot \pi \cdot n \cdot \eta_M} \quad (2.2.6.2)$$

$$M_k' = \frac{46,32}{2 \cdot \pi \cdot 2,65 \cdot 0,706} = 3,94 [N \cdot m]$$

P' – předběžný výkon elektromotoru

n – otáčky hnacího členu

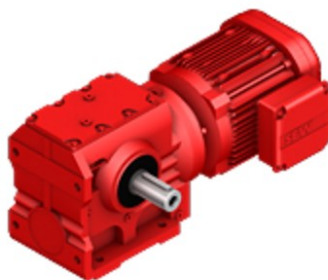
η_M – účinnost převodového motoru

2.2.7 Volba převodového motoru

Po konzultaci se zadavatelskou firmou byl požadavek na zvýšení výkonu a točivého momentu. Poté byl zvolen převodový motor od firmy SEW EURODRIVE. Motor je řešen pomocí nasouvacího provedení, tzn. dutou hřídelí.

Ve výpočtu výkonu motoru není zohledněno, že kruhové řemeny jsou z pružného materiálu. Při napínání kruhových řemenů dochází k velkému tření s válci, proto se musí zohlednit navýšení výkonu.

Parametry převodového motoru jsou vypsány v Tab. 9.



Obr. 28 Převodový motor SEW – EURODRIVE [15]

Tab. 9 Parametry převodového motoru SA37DRS71M4

P	0,55	kW
n_v	170	min^{-1}
M_{km}	27	$\text{N} \cdot \text{m}$
i	8	-
n_m	1 360	min^{-1}
J_m	$7,29 \cdot 10^{-4}$	$\text{kg} \cdot \text{m}^2$
η_m	0,706	-

- P – příkon převodového motoru
- n_v – výstupní otáčky převodového motoru
- M_{km} – výstupní točivý moment převodového motoru
- i – převodový poměr
- n_m – otáčky převodového motoru
- J_m – moment setrvačnosti převodového motoru
- η_M – účinnost převodového motoru

2.2.8 Kontrola pohonu dopravníku na rozběh

Statický moment od zatížení

$$M_M = \frac{1}{n_e} \cdot F \cdot \frac{D_v}{2} \cdot \frac{1}{\eta_m \cdot i} \quad (2.2.8.1)$$

$$M_M = \frac{1}{1} \cdot 46,32 \cdot \frac{0,12}{2} \cdot \frac{1}{0,706 \cdot 8} = 0,49 \text{ [N} \cdot \text{m]}$$

- n_e – počet převodových motorů
- F – celkový odpor
- D_v – průměr hnacího členu
- η_m – účinnost převodového motoru
- i – převodový poměr

Podmínka rozběhu

Aby se dopravník rozběhl, musí být splněna podmínka, kdy statický moment od zatížení M_M musí být menší než moment převodového motoru M_{km} .

$$M_M \leq \frac{M_{km}}{i} \quad (2.2.8.2)$$

$$0,49 < \frac{27}{8}$$

Podmínka splněna

- M_M – statický moment od zatížení
- M_{km} – výstupní točivý moment převodového motoru

2.2.9 Kontrola rychlosti hnacího válce

Skutečná rychlost hnacího členu

Ze zvoleného motoru se vypočítá skutečná rychlost hnacího členu o průměru D_v .

$$v_{hv} = n_v \cdot \pi \cdot D_v \quad (2.2.9.1)$$

$$v_{hv} = \frac{170}{60} \cdot \pi \cdot 0,12 = 1,08 [m \cdot s^{-1}]$$

- n_v – výstupní otáčky převodového motoru
 D_v – průměr hnacího členu

Podmínka rychlosti

Rychlost dopravníku od zvoleného převodového motoru v_{hv} musí být větší, než maximální vypočtená rychlost dopravníku v_{max} .

$$v_{max} \leq v_{hv} \quad (2.2.9.2)$$

$$1 < 1,08$$

Podmínka splněna

- v_{max} – maximální rychlost dopravníku
 v_{hv} – skutečná rychlost hnacího členu

2.3 Výpočet zdvihových mechanismů

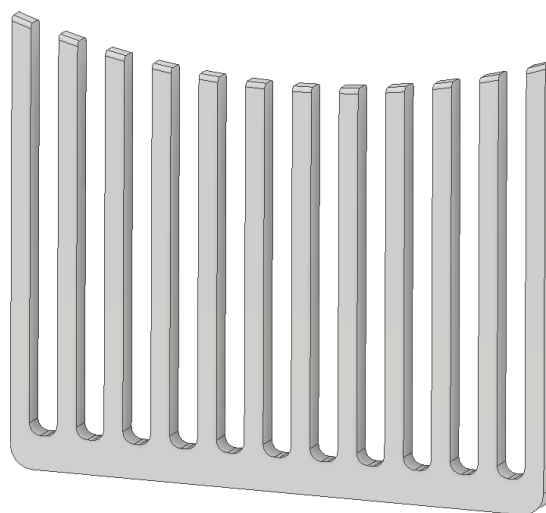
Se zadavatelskou firmou bylo dle *Obr. 30* domluveno, že ke zvedání bude použito 14 zdvihových mechanismů. Nejjednodušší případ by byl, kdyby každý zvedací mechanismus byl opatřen jedním pístem, který by zvedal jednotlivý mechanismus.

Výhodou je, že se dá jednoduše naprogramovat, kolik v konkrétní dobu má být zdvihnuto mechanismů. Oproti tomu velkou nevýhodou je velké množství pístů, které by

byly použity. Tudiž velké pořizovací náklady na koupi pístů. Značnou nevýhodou jsou i tlakové ztráty v obvodu.

2.3.1 Optimalizace počtu pístů

Požadavkem je i optimalizace počtů pístů, na co nejmenší počet. Spočívá to v tom, že jednotlivé mechanismy se seskupí do větší sekce, které budou ovládány jedním pístem. Sekce musí být navrženy tak, aby vyhovovaly všem druhům dopravovaných sáčků. Ale budou navrženy i jednotlivé sekce, které budou ovládány jednotlivými písty.



Obr. 29 Zvedací mechanismus

Popis funkce jednotlivých zdvihových mechanismů

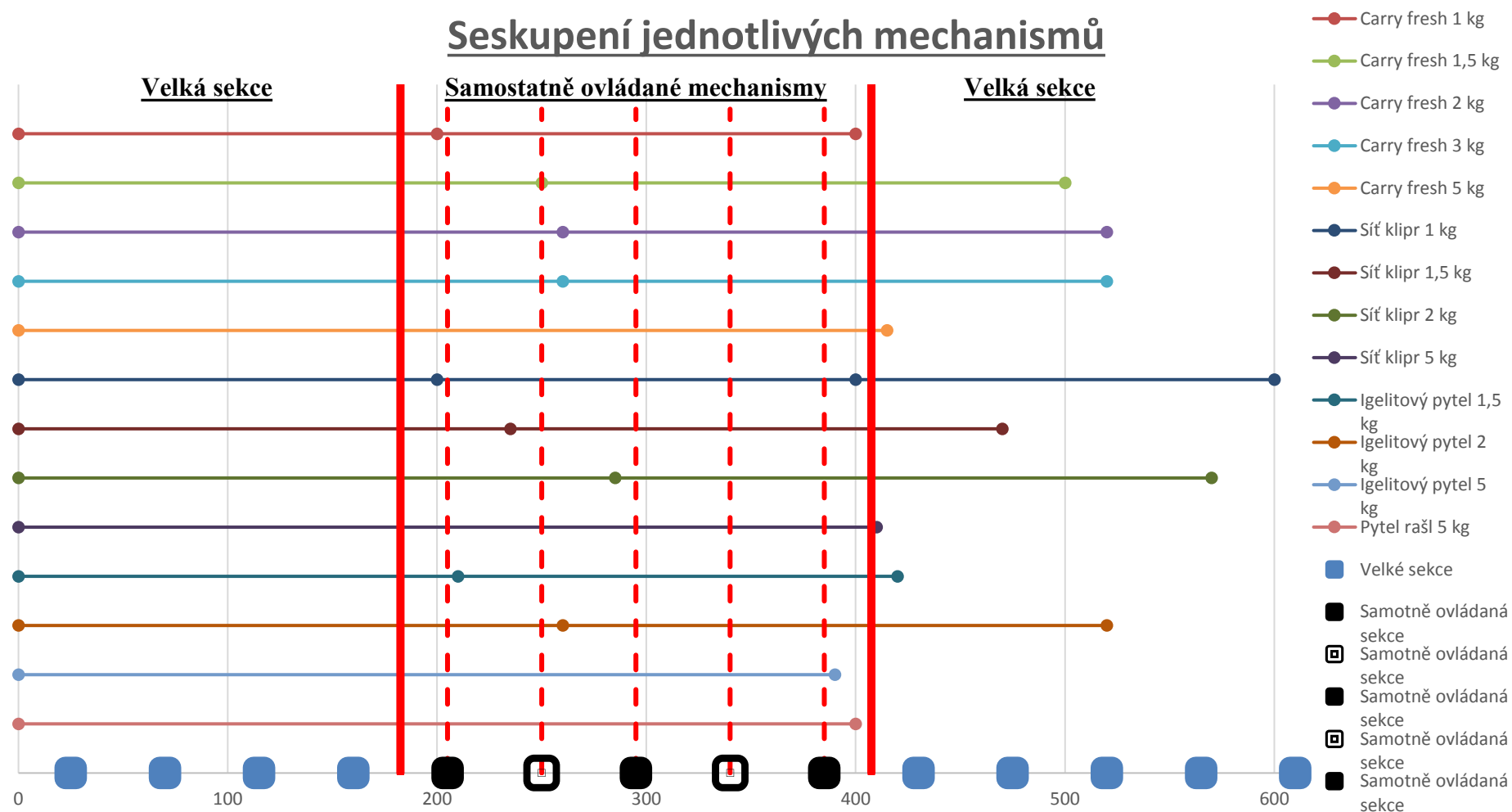
Na spodní ose *Obr. 30* (čtvercové označení) je naznačena poloha jednotlivých zdvihových mechanismů. Dle velikosti sáčků a počtu dopravovaných sáčků bylo navrženo 14 zdvihových mechanismů.

V grafu je vyznačeno všech 13 druhů dopravovaných sáčků. Důležitou hodnotou pro vynesení do grafu je velikost sáčků L_s a počet sáčků v řadě i_r .

Celková rozteč zdvihových mechanismů je 610 [mm].

Na *Obr. 30* je znázorněn způsob rozdělení jednotlivých zvedacích mechanismů do sekcí. První velká sekce bude obsahovat čtyři zvedací mechanismy, poté bude následovat pět samostatně ovládaných zdvihacích mechanismů a zbylých pět mechanismů bude seskupeno do většího celku – ovládáno jedním pístem. Celkem bude použito 7 zdvihových pístů.

Seskupení jednotlivých mechanismů

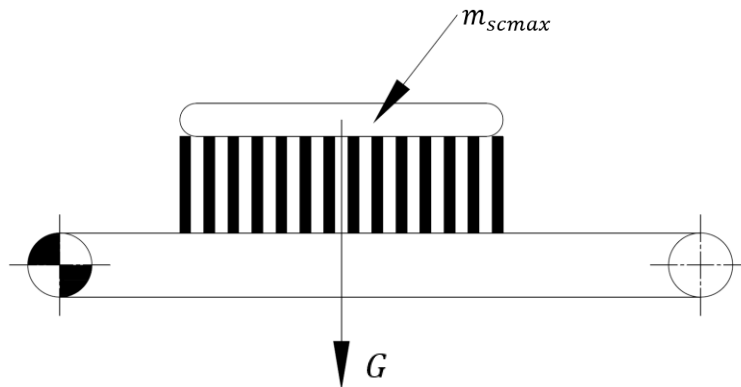


Obr. 30 Seskupení jednotlivých zdvihových mechanismů

2.3.2 Zatížení pro jednotlivé písty

Celkové zatížení od maximální hmotnosti sáčku

Nejprve bylo určeno celkové maximální zatížení od největší hmotnosti sáčků, které bude působit na písty. Ve výpočtech se počítá s rovnoměrným zatížením sáčků na zdvihové mechanismy.



Obr. 31 Celkové zatížení od maximální hmotnosti sáčku

$$G = m_{scmax} \cdot g \quad (2.3.2.1)$$

$$G = 8 \cdot 9,81 = 78,48 \text{ [N]}$$

m_{scmax} – maximální hmotnost sáčků na jedno uchycení

Zatížení pro jeden zdvihací mechanismus

Z celkového zatížení se vypočítá zatížení pro jeden zdvihací mechanismus.

Volím počet zdvihacích mechanismů $i_{zm} = 14$

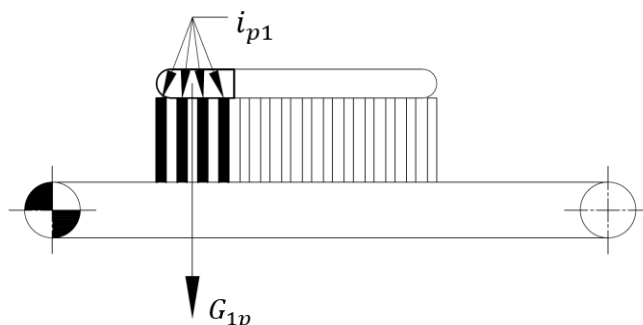
$$G_1 = \frac{G}{i_{zm}} \quad (2.3.2.2)$$

$$G_1 = \frac{78,48}{14} = 5,61 \text{ [N]}$$

G – celkové zatížení od maximální hmotnosti sáčku
 i_{zm} – počet zdvihových mechanismů

Zatížení pístu pro první velkou sekci

V první velké sekci se seskupily čtyři zdvihací mechanismy: $i_{p1} = 4$.



Obr. 32 Zatížení pístu pro první velkou sekci



Obr. 33 První sekce

Píst bude zatěžován i první sekci. Hmotnost sekce byla určena z programu Autodesk Inventor 2018, která je $m_{sek_I} = 10,61$ [kg].

$$G_{1p} = G_1 \cdot i_{p1} + m_{sek_1} \cdot g$$

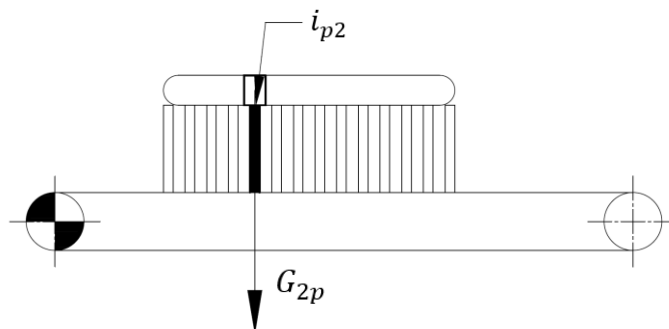
(2.3.2.3)

$$G_{1p} = 5,61 \cdot 4 + 10,61 \cdot 9,81 = 126,5 \text{ [N]}$$

- G_1 – zatížení pro jeden zdvihací mechanismus
- i_{p1} – počet zdvihových mechanismů v první sekci
- m_{sek_1} – hmotnost první velké sekce

Zatížení pístu pro samotné ovládané mechanismy

Ve střední části se bude ovládat každý zdvihací mechanismus jednotlivě: $i_{p2} = 1$.



Obr. 34 Zatížení pístu pro samotné ovládané mechanismy



Obr. 35 Střední zdvihový mechanismus

Hmotnost středního zdvihového mechanismu byla určena z programu Autodesk Inventor 2018, která je $m_{sek_2} = 3,16$ [kg].

$$G_{2p} = G_1 \cdot i_{p2} + m_{sek_2} \cdot g$$

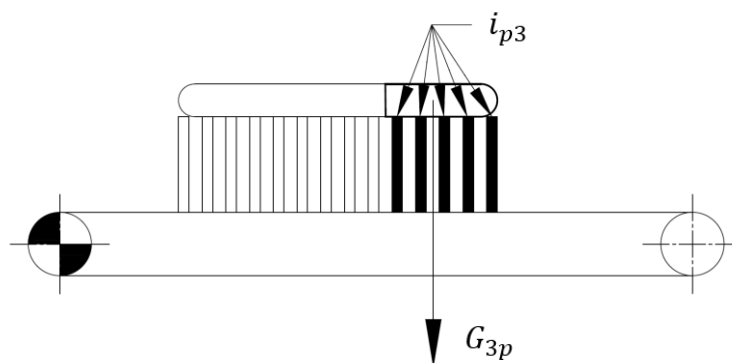
(2.3.2.4)

$$G_{2p} = 5,61 \cdot 1 + 3,16 \cdot 9,81 = 36,6 \text{ [N]}$$

- G_1 – zatížení pro jeden zdvihací mechanismus
- i_{p2} – počet samostatně ovládaných zdvihových mechanismů ve střední části
- m_{sek_2} – hmotnost střední sekce

Zatížení pístu pro druhou velkou sekci

Druhá velká sekce bude obsahovat pět zdvihacích mechanismů: $i_{p3} = 5$.



Obr. 36 Zatížení pístu pro druhou velkou sekci



Obr. 37 Třetí sekce

Hmotnost druhé velké sekce byla určena z programu Autodesk Inventor 2018, která je $m_{sek_2} = 12,96$ [kg].

$$G_{3p} = G_1 \cdot i_{p3} + m_{sek_3} \cdot g$$

(2.3.2.5)

$$G_{3p} = 5,61 \cdot 5 + 12,96 \cdot 9,81 = 155,2 \text{ [N]}$$

- G_1 – zatížení pro jeden zdvihací mechanismus
- i_{p3} – počet zdvihových mechanismů v druhé velké sekci
- m_{sek_3} – hmotnost druhé velké sekce

2.3.3 Návrh pístu pro zvedací mechanismy

Z maximálního zatížení na zdvihové mechanismy je vybráno zatížení G_{3p} , které působí silou 155,2 [N]. Podle maximálního zatížení se spočítá a navrhne potřebný průměr pístu pro všechny sekce zdvihových mechanismů.

Z podmínky rovnováhy (2.3.3.1) se určí minimální potřebná plocha pístu S_{1min} , ve vzorci je zahrnuta i účinnost pístu η_p , kterou volím 0,90 [-]. V pneumatickém systému bude tlak $P_1 = 800\,000$ [Pa], který bude v rozvodné tlakové síti v závodě .

$$P_1 \cdot S_{1min} = G_{3p} \cdot \frac{1}{\eta_p} \quad (2.3.3.1)$$

- P_1 – tlak v pneumatickém systému
- S_{1min} – minimální potřebná plocha pístu
- G_{3p} – zatížení pístu druhou velkou sekci
- η_p – účinnost pístu

Minimální potřebná plocha

$$S_{1min} = \frac{G_{3p}}{P_1 \cdot \eta_p} \quad (2.3.3.2)$$

$$S_{1min} = \frac{155,2}{800\,000 \cdot 0,90} = 2,16 \cdot 10^{-4} [m^2]$$

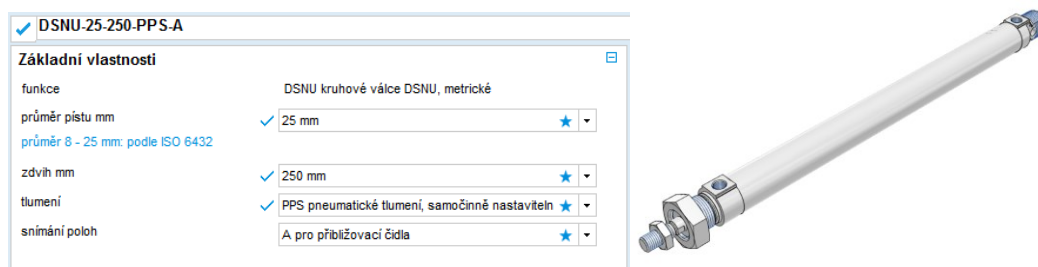
Minimální průměr pístu

$$D_{1min} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{1min}}{\pi}} \quad (2.3.3.3)$$

$$D_{1min} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,16 \cdot 10^{-4}}{\pi}} = 0,0166 [m] = 16,6 [mm]$$

- S_{1min} – minimální potřebná plocha pístu

Dle [16] navrhnu potřebný píst. Volím průměr pístu $D_I = 25$ [mm] a zdvih pístu $l_I = 250$ [mm].



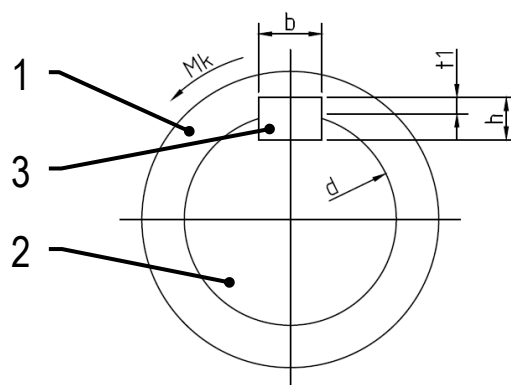
Obr. 38 Návrh pístu [16]

2.4 Kontrola těsného pera ČSN 02 2562

V konstrukčním výpočtu provedu kontrolu těsného pera ČSN 02 2562, které přenáší točivý moment z převodovky na hřídel hnacího členu.

Tab. 10 Rozměry těsného pera

d=	20	mm
b=	6	mm
h=	6	mm
l=	70	mm
t ₁ =	2,5	mm



Obr. 39 Rozměry těsného pera

- Poz. 1 Dutá hřídel převodového motoru
Poz. 2 Hřídel hnacího členu
Poz. 3 Těsné pero

- d – průměr konce hřídele
 b – šířka těsného pera
 h – výška těsného pera
 l – délka těsného pera
 t_1 – výška těsného pera v drážce náboje

Kontrola pera na otlačení

$$p = \frac{F_P}{S_{Pl}} \leq p_D \quad (2.4.1)$$

p – napětí v tlaku
 F_P – otlačující síla na plochu pera těsného
 S_{Pl} – otlačovaná plocha těsného pera
 p_D – dovolené napětí v tlaku

$$F_P = \frac{2 \cdot M_{km}}{d} \quad (2.4.2)$$

M_{km} – výstupní točivý moment převodového motoru
 d – průměr konce hřídele

Otlačovaná délka těsného pera

$$l_p = l - b \quad (2.4.3)$$

l – délka těsného pera
 b – šířka těsného pera

Otlačovaná plocha těsného pera

$$S_{Pl} = t_1 \cdot l_p \quad (2.4.4)$$

t_1 – výška těsného pera v drážce náboje
 l_p – otlačovaná délka těsného pera

Vztahy (2.4.2), (2.4.3) a (2.4.4) dosadím do vztahu (2.4.1).

$$p = \frac{2 \cdot M_{km}}{d \cdot t_1 \cdot (l - b)} \quad (2.4.5)$$

$$p = \frac{2 \cdot 27 \cdot 1\,000}{20 \cdot 2,5 \cdot (70 - 6)} = 16,86 \text{ [MPa]}$$

Dle [17] volím $p_d = 150$ [MPa].

p_D – dovolené napětí v tlaku

Podmínka na otlačení

$$p < p_D$$

(2.4.6)

$$16,86 < 150$$

Podmínka splněna.

Kontrola pera na stříh

$$\tau_s = \frac{F_s}{S_s} \leq \tau_{DS} \quad (2.4.7)$$

τ_s – napětí ve stříhu
 F_s – střížná síla
 S_s – střížná plocha těsného pera
 τ_{DS} – dovolené napětí ve stříhu

$$F_s = \frac{2 \cdot M_{km}}{d} \quad (2.4.8)$$

M_{km} – výstupní točivý moment převodového motoru
 d – průměr konce hřídele

Střížná plocha těsného pera

$$S_s = b \cdot l \quad (2.4.9)$$

b – šířka těsného pera
 l – délka těsného pera

Vztahy (2.4.8) a (2.4.9) dosadím do vztahu (2.4.7).

$$\tau_s = \frac{2 \cdot M_{km}}{d \cdot b \cdot l} \leq \tau_{DS} \quad (2.4.10)$$

$$\tau_s = \frac{2 \cdot 27 \cdot 1\,000}{20 \cdot 6 \cdot 70} = 6,43 \text{ [MPa]}$$

Dle [17] volím $\tau_{DS} = 70 \text{ [MPa]}$.

τ_{DS} – dovolené napětí ve střihu

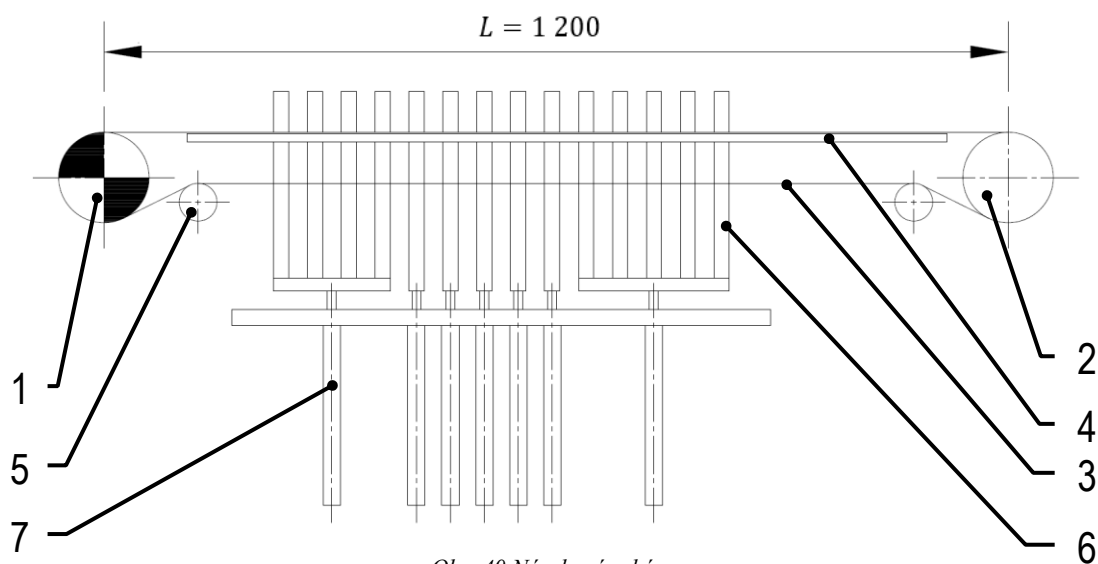
$$\tau_s < \tau_{DS} \quad (2.4.11)$$

$$6,43 < 70$$

Podmínka splněna.

2.5 Návrhové schéma

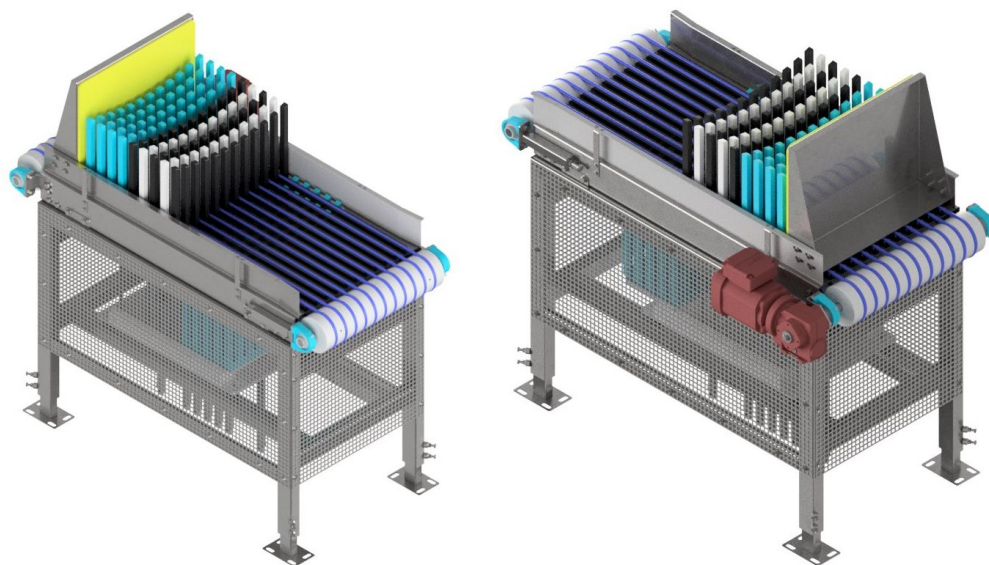
Na *Obr. 40* je znázorněno návrhové schéma pohonu stroje a zdvihových mechanismů.



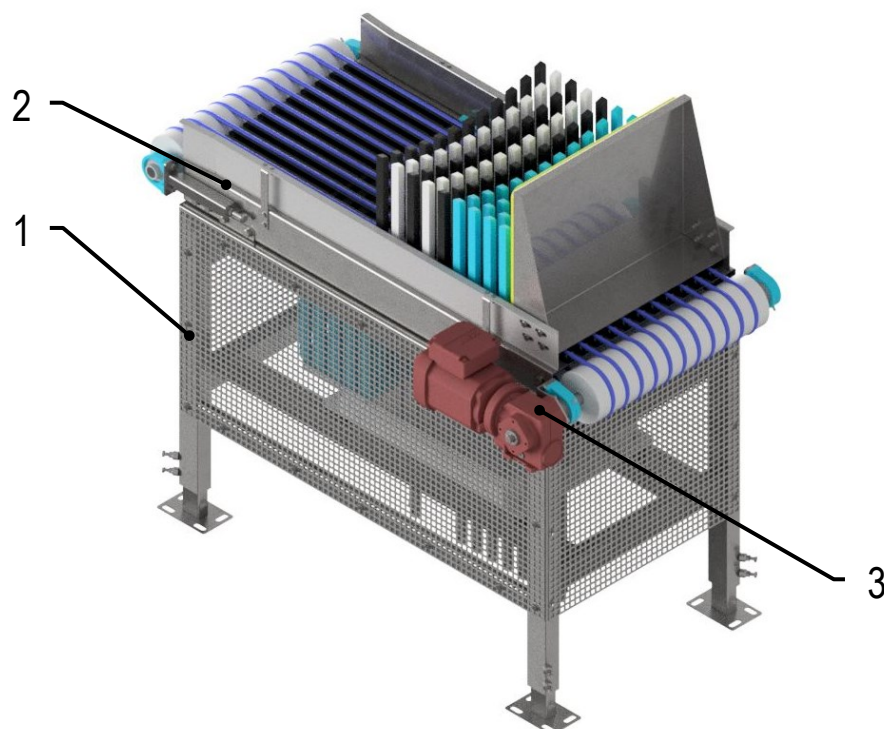
Obr. 40 Návrhové schéma

- Poz. 1 Hnací člen
- Poz. 2 Hnaný člen
- Poz. 3 Kruhové řemeny
- Poz. 4 Vodící lišta
- Poz. 5 Podpěrné kladičky
- Poz. 6 Zdvihové mechanismy
- Poz. 7 Písty

3 Výsledný 3D model

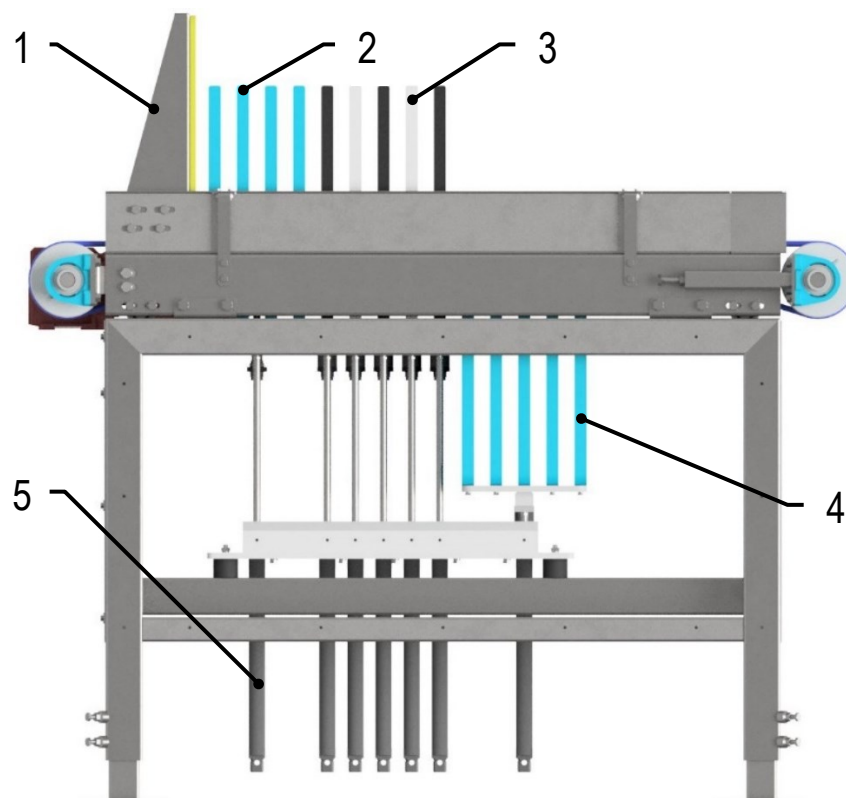


Obr. 41 Manipulační dopravník_1



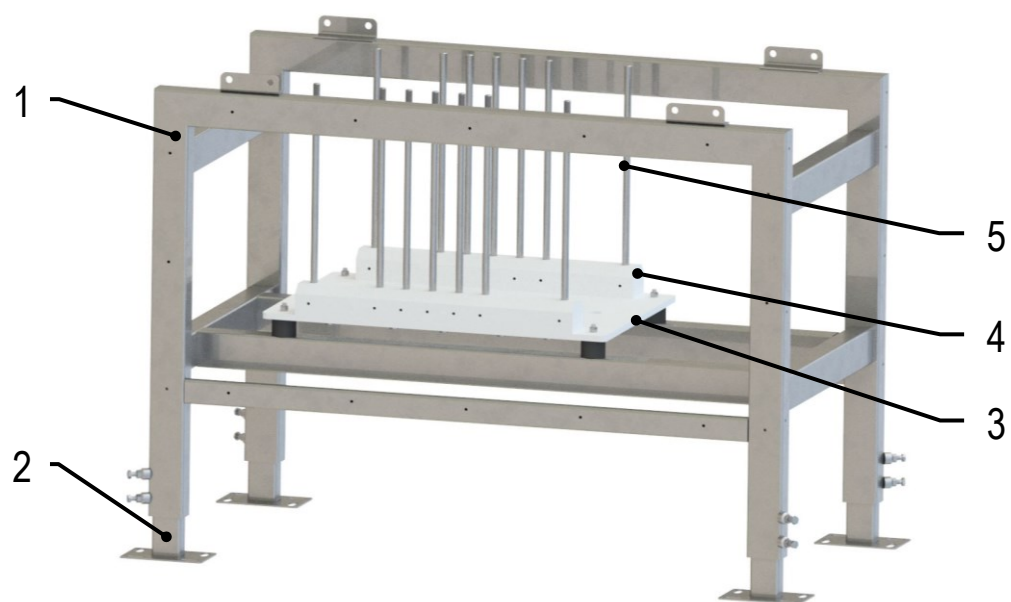
Obr. 42 Manipulační dopravník_2

- Poz. 1 Spodní rám
- Poz. 2 Hnaný člen
- Poz. 3 Převodový motor



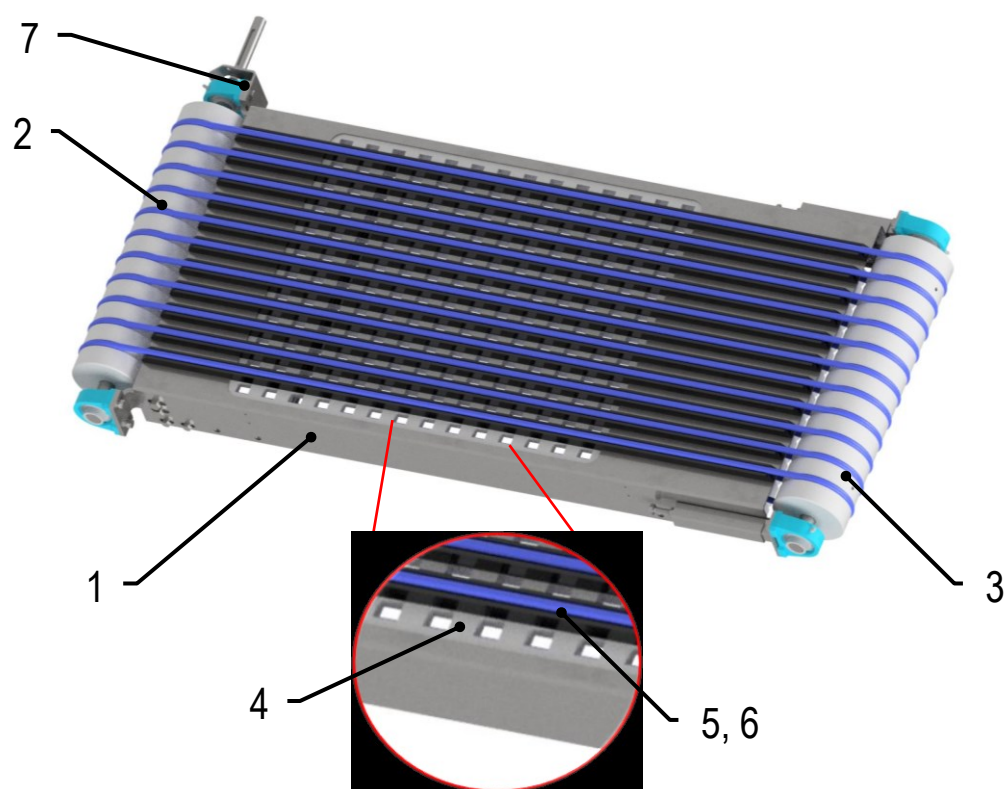
Obr. 43 Manipulační dopravník_3

- Poz. 1 Doraz
- Poz. 2 1. sekce zdvihových mechanismů
- Poz. 3 2. sekce zdvihových mechanismů
- Poz. 4 3. sekce zdvihových mechanismů
- Poz. 5 Písty



Obr. 44 Spodní rám

- Poz. 1 Rám
- Poz. 2 Výsuvná noha
- Poz. 3 Deska
- Poz. 4 Blok
- Poz. 5 Vodící tyč



Obr. 45 Dopravník

- Poz. 1 Rám
- Poz. 2 Hnací člen
- Poz. 3 Hnaný člen
- Poz. 4 Vedení mechanismů
- Poz. 5 Vedení kruhových řemenů
- Poz. 6 Kruhové řemeny
- Poz. 7 Vzpěra

4 Závěr

Diplomová práce byla zaměřena na návrh na konstrukční řešení manipulačního dopravníku v potravinářství. Manipulační dopravník má za úkol vkládat do připravených beden navážený a zabalený produkt.

V první části práce jsem zpracoval rešerši v oblasti manipulačních strojů v potravinářství pro očištěné brambory, které již byly zabaleny z předchozího procesu. Rešerše se zabývala popsáním ručního ukládání, dopravníku s kapsou, dopravníku se zdvihovými mechanizmy a šikmým plničem beden. Dalším cílem bylo ověření podmínek pro zajištění hygienických minim při manipulaci s potravinářskými komoditami.

V další části jsem vybral z rešerše nejlepší a nejvhodnější řešení pro manipulaci se zabaleným produktem. U vybraného manipulačního dopravníku jsem navrhl a spočítal samotný dopravník, u kterého jsem spočítal základní parametry pro návrh převodového elektromotoru. Návrh manipulačního dopravníku obsahuje i výpočet zdvihových mechanismů. Počet zdvihových mechanismů byl také optimalizovaný na co nejmenší počet. Řešením bylo seskupení jednotlivých zdvihových mechanismů do jednotlivých sekcí. Vypočítal jsem i písty pro zvedání zdvihových mechanismů.

Na závěr jsem zhotovil výkresovou dokumentaci, která obsahuje sestavný výkres a jednotlivé podsestavy sestavného výkresu.

Poděkování:

Chci poděkovat Ing. Robertu Brázdovi, Ph.D a Bc. Lukáši Hildebrandovi za rady, které mi poskytli, a za pomoc při vypracování diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat firmě Htech cz s.r.o. za to, že mi umožnila vypracovat diplomovou práci v její firmě, a za poskytnutí nejrůznějších podkladů a materiálů k vypracování diplomové práce.

Seznam použité literatury

- [1] *Htech* [online]. Olomouc: Htech cz s.r.o., 2012 [cit. 2018-02-01]. Dostupné z: <http://cze.htech.cz/>
- [2] ČESKÁ REPUBLIKA. *Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 38/2001 Sb., o hygienických požadavcích na výrobky určené pro styk s potravinami a pokrmami*. In: . 2001, 38/2001 Sb. Dostupné také z: http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/ostatni/Legislativa-ostatni_uplnazneni_vyhlaska-2001-38.html
- [3] Fox Solutions A ONE BD605 Case Packer for Bags. *Youtube* [online]. 7.7.2011, 2011 [cit. 2018-02-01]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=qicSu_I34f0. Kanál uživatele SolutionsByFox
- [4] End of line automation. *Youtube* [online]. 16.12.2015, 2015 [cit. 2018-02-01]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=na4u60nL3fI>. Kanál uživatele LANHSIWEB
- [5] FOXSOLUTION. *Case Packers - AK80* [online]. New York: Fox Solutions, LLC, 2018 [cit. 2018-02-06]. Dostupné z: <https://www.solutionsbyfox.com/equipment/ak80/>
- [6] Fox Solutions H-TECH AK80 Case Packer. *Youtube* [online]. 28.6.2011, 2011 [cit. 2018-02-01]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=4v1jO1uVS3c>. Kanál uživatele SolutionsByFox
- [7] ILAPAK. *CREATING CARRY-FRESH BAGS FOR POTATOES AND ONIONS* [online]. Ilapak, 2018 [cit. 2018-02-01]. Dostupné z: <http://ilapak.com/News-Events/News/Creating-carry-fresh-bags-for-potatoes-and-onions>
- [8] Rohlik.cz. *Brambory* [online]. Praha: Velká Pecka s.r.o., b.r. [cit. 2018-02-01]. Dostupné z: <https://www.rohlik.cz/c300102009-brambory>
- [9] TPI FOR PACKAGING. *Printed Potato Bags* [online]. United Kingdom: TPI for Packaging Ltd, 2017 [cit. 2018-02-01]. Dostupné z: <https://www.tpiforpackaging.co.uk/product/printed-potato-bags/>
- [10] AGRO OBALY. *OBALY PRO ZEMĚDĚLSTVÍ* [online]. Třebíč: AGRO Obaly s.r.o., b.r. [cit. 2018-02-01]. Dostupné z: <http://www.agroobaly.cz/produkty-zemedelstvi.php>
- [11] POLÁK, Jaromír. *Dopravní a manipulační zařízení II.* [online]. 1. vyd. Ostrava: VŠB

- Technická univerzita, 2003 [cit. 2018-03-17]. ISBN 80-248-0493-X.
- [12] POLÁK, Jaromír a Aleš SLÍVA. *Dopravní a manipulační zařízení III*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2005. ISBN 80-248-0963-X.
- [13] TITAN MULTIPLAST. *Polyoxmetylen* [online]. Smržovka: TITAN – MULTIPLAST s.r.o., 2018 [cit. 2018-03-17]. Dostupné z: <https://www.titan-multiplast.cz/produkty/strojirenstvi-a-ostatni-prumysl-86/desky-tyce-a-profily-pom-112>
- [14] CHIORINO. *Polyurethane round and V-belts* [online]. Itálie: CHIORINO S.p.A., 2018 [cit. 2018-03-17]. Dostupné z: https://www.chiorino.com/en/categoria_prodotto.php?nome=cinghie_tonde
- [15] *SEW EURODRIVE* [online]. Německo, 2018 [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: <http://www.seweurodrive.com/>
- [16] *FESTO* [online]. Praha: Festo, s.r.o., 2018 [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: https://www.festo.com/cms/cs_cz/index.htm
- [17] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 80-86490-74-2.

Seznam obrázků

Obr. 1 Schéma zpracování a balení produktu [1]	15
Obr. 2 Dopravník s kapsou – místo 1 [3].....	18
Obr. 3 Dopravník s kapsou – místo 2 [3].....	18
Obr. 4 Dopravník s kapsou – místo 3 [3].....	19
Obr. 5 Schéma dopravníku s kapsou	20
Obr. 6 Schéma dopravníku s kapsou – bokorys.....	21
Obr. 7 Dopravník se zdvihovými mechanismy – krok 1 [4]	22
Obr. 8 Dopravník se zdvihovými mechanismy – krok 2 [4]	22
Obr. 9 Dopravník se zdvihovými mechanismy – krok 3 [4]	23
Obr. 10 Schéma dopravníku se zdvihovými mechanismy – půdorys.....	23
Obr. 11 Schéma dopravníku se zdvihovými mechanismy.....	24
Obr. 12 Šikmý plnič beden – prázdná bedna [6]	25
Obr. 13 Šikmý plnič beden – plnění bedny [6].....	26
Obr. 14 Šikmý plnič beden – naplněná bedna [6].....	26
Obr. 15 Schéma šikmého plniče beden.....	27
Obr. 16 Dopravované sáčky.....	28
Obr. 17 Přeložené sáčky	30
Obr. 18 Možné uložení sáčků carry fresh	30
Obr. 19 Možné uložení sítěk klipr	31
Obr. 20 Možné uložení igelitových pytlů	31
Obr. 21 Možné uložení pytle rašl.....	32
Obr. 22 Vzdálenost Lk.....	37
Obr. 23 Zjednodušený hnací člen	40
Obr. 24 Moment setrvačnosti z programu Autodesk Inventor	42
Obr. 25 Celkový odpor	42
Obr. 26 Kruhový řemen [14]	44
Obr. 27 Účinnost převodového motoru [15].....	45
Obr. 28 Převodový motor SEW – EURODRIVE [15]	47
Obr. 29 Zvedací mechanismus.....	50
Obr. 30 Seskupení jednotlivých zdvihových mechanismů	52
Obr. 31 Celkové zatížení od maximální hmotnosti sáčku	53
Obr. 32 Zatížení pístu pro první velkou sekci	54

Obr. 33 První sekce.....	54
Obr. 34 Zatížení pístu pro samotné ovládané mechanismy	55
Obr. 35 Střední zdvihový mechanismus	55
Obr. 36 Zatížení pístu pro druhou velkou sekci.....	56
Obr. 37 Třetí sekce.....	56
Obr. 38 Návrh pístu [16].....	58
Obr. 39 Rozměry těsného pera	59
Obr. 40 Návrhové schéma	63
Obr. 41 Manipulační dopravník_1	64
Obr. 42 Manipulační dopravník_2.....	64
Obr. 43 Manipulační dopravník_3	65
Obr. 44 Spodní rám.....	66
Obr. 45 Dopravník	67

Přílohy

Název výkresu:	Číslo výkresu:	Formát:
Manipulační dopravník	STR0306	A0
Spodní rám	STR0306-1	A1
Výsuvná noha	STR0306-1-2	A3
Rám	STR0306-1-1	A1
Dopravník	STR0306-2	A1
Řemenice	STR0306-2-4.1	A3
Sekce_1	STR0306-6	A2
Sekce_2	STR0306-7	A2
Sekce_3	STR0306-8	A2